

Forschungsbedarf für Energiewende-Technologien in NRW - eine erste Analyse und Bewertung Anhangband

Gefördert durch das Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen

Förderkennzeichen EFO 0005
(progres.nrw — Innovation)

Dieser Bericht ist Ergebnis des Projektes „Forschungsbedarf für Energiewende-Technologien in NRW – eine erste Analyse und Bewertung (TRF-NRW – Teil 1)“.

Das diesem Bericht zugrunde liegende Forschungsvorhaben wurde vom Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie (MWIDE) des Landes NRW gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Projektlaufzeit: September 2019 – Juli 2020

Projektkoordination:

Dr. Claus Barthel / Dr. Peter Viebahn

Tel.: +49 202 2492 -166 / - 306

E-Mail: claus.barthel@wupperinst.org, peter.viebahn@wupperinst.org

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH

Abteilung Zukünftige Energie- und Industriesysteme

Forschungsbereich Sektoren und Technologien

Döppersberg 19

42103 Wuppertal

Projektpartner:

Institut der deutschen Wirtschaft Köln e.V.

Dr. Thilo Schäfer

Postfach 10 19 42 / 50459 Köln

Konrad-Adenauer-Ufer 21 / 50668 Köln

Telefon: +49 221 4981-0

Autorinnen und Autoren:

Institut der deutschen Wirtschaft Köln e.V.

Dr. Thilo Schaefer

Andreas Fischer

Dr. Roland Kube

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH

Dr. Claus Barthel

Dr. Peter Viebahn

Lena Tholen

Thomas Adisorn

Magdolna Prantner

Dr. Johannes Venjakob

Alexander Scholz

Bitte den Bericht folgendermaßen zitieren:

Wuppertal Institut (2020): Forschungsbedarf für Energiewende-Technologien in NRW – eine erste Analyse und Bewertung. Anhangband. Forschungsprojekt gefördert durch das Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie (MWIDE) des Landes NRW (Förderkennzeichen EFO 0005). Wuppertal.

Inhaltsverzeichnis

1	Technologiebereiche, Technologiefelder und darin enthaltene Technologien aus der Studie TF-Energiewende	5
2	Kriterien-Definitionen für die Technologiebewertung	6
	Kriterium 1: Vorlaufzeiten	6
	Kriterium 2: F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)	6
	Kriterium 3: Marktpotenziale	6
	Kriterium 4: Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen	7
	Kriterium 5: Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz	7
	Kriterium 6: Kosteneffizienz	7
	Kriterium 7: NRW-Wertschöpfung	7
	Kriterium 8: Stand und Trends von F&E im internationalen Vergleich	7
	Kriterium 9: Gesellschaftliche Akzeptanz	8
	Kriterium 10: Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit	8
	Kriterium 11: Abhängigkeit von Infrastrukturen	8
	Kriterium 12: Systemkompatibilität	9
3	Steckbriefe der bewerteten Technologiefelder	10
	TFE-NRW Technologiebewertung 1.1: Bioenergie	11
	TFE-NRW Technologiebewertung 1.2: Tiefengeothermie	16
	TFE-NRW Technologiebewertung 1.3: Photovoltaik	21
	TFE-NRW Technologiebewertung 1.4: Solare Wärme und Kälte	25
	TFE-NRW Technologiebewertung 1.5: Solarthermische Kraftwerke	31
	TFE-NRW Technologiebewertung 1.6: Windenergie mit Exkurs Meeresenergie	36
	TFE-NRW Technologiebewertung 1.7: Umweltwärme	43
	TFE-NRW Technologiebewertung 2.1: Zentrale Großkraftwerke	47
	TFE-NRW Technologiebewertung 2.2a: Dezentrale Kraftwerke (Brennstoffzellen)	51
	TFE-NRW Technologiebewertung 2.2b: Dezentrale Kraftwerke (Motoren und Turbinen)	56
	TFE-NRW Technologiebewertung 2.3: CO ₂ -Abscheidung und Speicherung	60
	TFE-NRW Technologiebewertung 2.4: CO ₂ -Nutzung	64
	TFE-NRW Technologiebewertung 3.1: Stromtransport und Verteilung	68
	TFE-NRW Technologiebewertung 3.2: Wärmetransport und Verteilung	72
	TFE-NRW Technologiebewertung 3.3a: Energiespeicher (elektrisch und elektro-chemisch)	76

	TFE-NRW Technologiebewertung 3.3b: Energiespeicher (thermisch, thermo-chemisch und mechanisch)	81
	TFE-NRW Technologiebewertung 3.4: Nutzung von Erdgas- und Erdölinfrastruktur und Raffinerien für strombasierte Brennstoffe	86
	TFE-NRW Technologiebewertung 4.1: Power-to-Gas Wasserstoff	89
	TFE-NRW Technologiebewertung 4.2a: Power-to-Gas chemisch-katalytische Methanisierung	95
	TFE-NRW Technologiebewertung 4.2b: Power-to-Gas biologische Methanisierung	99
	TFE-NRW Technologiebewertung 4.3: Power-to-Liquids/-chemicals	102
	TFE-NRW Technologiebewertung 4.4: CO ₂ -Abtrennung aus Faulgasen und Umgebungsluft	106
	TFE-NRW Technologiebewertung 5.1: Energieeffiziente Gebäude und Gebäudetechnik	110
	TFE-NRW Technologiebewertung 6.1: Energieeffiziente Prozesstechnologien	113
	TFE-NRW Technologiebewertung 6.2: Energieeffiziente Querschnittstechnologien	117
	TFE-NRW Technologiebewertung 6.3: Stromerzeugungstechnologien zur Abwärmenutzung	121
	TFE-NRW Technologiebewertung 6.4: Low-carbon und ressourceneffiziente Industrie	124
	TFE-NRW Technologiebewertung 7.1: Elektromobilität – PKW	129
	TFE-NRW Technologiebewertung 7.2: Elektromobilität – Hybrid-Oberleitungs-LKW	133
	TFE-NRW Technologiebewertung 7.3: Informations- und Kommunikationstechnologien	135
	TFE-NRW Technologiebewertung 7.4: Systemintegration, -transformation und -innovation	138
4	Steckbriefe für acht ausgewählte Technologien mit einer vertiefenden Analyse der wirtschaftlichen Chancen in NRW	140
	TFE-NRW Ökonomische Bewertung 1.5: Solarthermische Kraftwerke	141
	TFE-NRW Ökonomische Bewertung 2.4: CO ₂ -Nutzung (CCU)	146
	TFE-NRW Ökonomische Bewertung 3.3a: Energiespeicher (elektrisch und elektro-chemisch)	150
	TFE-NRW Ökonomische Bewertung 4.1: Power-to-gas (Wasserstoff)	156
	TFE-NRW Ökonomische Bewertung 4.3: Power-to-liquids/chemicals	161
	TFE-NRW Ökonomische Bewertung 6.1: Energieeffiziente Prozesstechnologien	165
	TFE-NRW Ökonomische Bewertung 6.3: Stromerzeugungstechnologien zur Abwärmenutzung	169
	TFE-NRW Ökonomische Bewertung 6.4: Low-carbon- und ressourceneffiziente Technologie	174

1 Technologiebereiche, Technologiefelder und darin enthaltene Technologien aus der Studie TF-Energiewende

Nr.	Technologiefeld	Beinhaltete Technologien
Technologiebereich 1: Erneuerbare Energien		
1	Bioenergie	Biochemische und thermo-chemische Konversion., Hybrid-Bioraffinerie
2	Tiefengeothermie	
3	Photovoltaik	
4	Solare Wärme und Kälte	
5	Solarthermische Kraftwerke	
6	Windenergie mit Exkurs Meeresenergie	
7	Umweltwärme	Oberflächennahe Geothermie / el. Wärmepumpe / Gas-Sorptions-Wärmepumpe
Technologiebereich 2: Konventionelle Kraftwerke		
8	Zentrale Großkraftwerke	
9	Dezentrale Kraftwerke (Brennstoffzellen)	Mikro-KWK (PEFC, SOFC) / BHKW (PEFC, MCFC, SOFC)
10	Dezentrale Kraftwerke (Motoren und Turbinen)	BHKW mit Gasmotor / Mikrogasturbine
11	CO ₂ -Abscheidung und Speicherung (CCS)	CCS für Kraftwerke und Industrie, CO ₂ -Speicherung
12	CO ₂ -Nutzung	Bulkchemikalien / Polymere
Technologiebereich 3: Infrastruktur		
13	Stromtransport und -verteilung	Netztechnik / Netzplanung und -betrieb
14	Wärmetransport und -verteilung	Bestandsnetze / NT-Netze / Lastmanagement, flexibler Betrieb / Planungsinstrumente
15	Energiespeicher (elektrisch und elektro-chemisch)	Lithium-, Natrium-basierte und Redox-Flow-Batterien
16	Energiespeicher (thermisch, thermo-chemisch und mechanisch)	Therm. Energiespeicher / Zentrale Stromspeicher (mechanisch, thermisch)
17	Nutzung von Erdgas-/Erdölinfrastruktur & Raffinerien für strombasierte Brennstoffe)	
Technologiebereich 4: Technologien für die Sektorenkopplung (PtX)		
18	Power-to-gas (Wasserstoff)	Alkalische, PEM- und Hochtemperatur-Elektrolyse
19	Power-to-gas (Methanisierung chem.-katalyt.)	
20	Power-to-gas (Methanisierung biologisch)	
21	Power-to-liquids/chemicals	PtL: Fischer-Tropsch-Synthese; Methanol-Synthese / PtC: MtOO (Methanol-to-Olefins), OCM (Oxidative Coupling of Methane)
22	CO ₂ -Abtrennung aus Faulgasen und Umgebungsluft	Niedertemperatur- und Hochtemperatur Direct Air Capture
Technologiebereich 5: Energie-/Ressourceneffiziente Gebäude		
23	Energieeffiziente Gebäude und Gebäudetechnik	Gebäudehülle & Bautechnik / Gebäudesystemtechnik / Planung & Gebäudebetrieb / Quartiersperspektive
Technologiebereich 6: Energie- und Ressourcen-effizienz in der Industrie		
24	Energieeffiziente Prozesstechnologien	Low-Carbon Stahl / Papier / Zement
25	Energieeffiziente Querschnittstechnologien	Elektromotoren / HT Wärmepumpe / Generative Fertigungsverfahren
26	Stromerzeugungstechnologien zur Abwärmenutzung	Thermoelektrische Generatoren (TEG) / Organic Rankine Cycle (ORC)
27	Low-carbon und ressourceneffiziente Industrie	Steam Cracker CCS / Chemisches Recycling / Power-to-heat Industrie
Technologiebereich 7: Integrative Aspekte		
28	Elektromobilität - PKW	Energiebedarf durch PKW
29	Elektromobilität - Hybrid-Oberleitungs-LKW	Energiebedarf durch LKW
30	Informations- und Kommunikationstechnologien	Zustandsbestimmung & Prognosen / Architektur, Anbindung & Aggregation / Standardisierung von Metering- und Kommunikationsmechanismen / Dataprocessing
31	Systemintegration, -transformation und -innovation	Technologieentwicklung & Systemintegration / Systeminnovation / Systemtransformation

2 Kriterien-Definitionen für die Technologiebewertung

Die folgenden Kriterien sind aus dem Projekt „Technologien für die Energiewende“ entnommen. Eine ausführliche Darstellung findet sich unter

<https://epub.wupperinst.org/frontdoor/index/index/docId/7081>

In allen Fällen, wo sich die ursprüngliche Bewertung auf Deutschland bezog, wird sie hier auf NRW bezogen. Im Gegensatz zur TF-Energiewende erfolgt hier nur eine qualitative Einschätzung hinsichtlich der relativen Bedeutung der Kriterien in NRW im Vergleich zu Gesamtdeutschland.

Kriterium 1: Vorlaufzeiten

Mit „Vorlaufzeiten“ wird die Dauer bis zur Inbetriebnahme der ersten kommerziellen Anlage für ein Technologiefeld bewertet. Eine kommerzielle Anlage ist dabei eine Anlage, die gekauft und betrieben werden kann. Gibt es große Unterschiede bezüglich der Technologien innerhalb des betrachteten Technologiefeldes, sollte auf Technologieebene bewertet werden. Eine Differenzierung auf Komponentenebene erscheint dagegen als nicht sinnvoll.

Kriterium 2: F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Die Beurteilung von F&E-Risiken beruht auf drei Teilkriterien.

- *Teilkriterium 2.1, Entwicklungsstadien der Technologie:* Für die Bestimmung des Entwicklungsstadiums einer Technologie wurde das Konzept des Technology Readiness Level verwendet (TRL 1 – 9).
- *Teilkriterium 2.2, Technisches und wirtschaftliches Forschungs- und Entwicklungsrisiko:* Die zukünftigen Eigenschaften von Technologien, die sich derzeit im (oder vor dem) F&E-Stadium befinden, lassen sich grundsätzlich sehr eingeschränkt exakt antizipieren. Für technologieexogene wirtschaftliche Risiken erfolgt in dieser Studie keine Bewertung.
- *Teilkriterium 2.3, Rohstoffrisiken:* Es wird abgeschätzt, ob sich zusätzlich zu den Risiken, die mit den Energieträgern in Verbindung gebracht werden, weitere Rohstoffe, die zum Bau und Betrieb der Anlagen benötigt werden, als kritisch erweisen könnten.

Kriterium 3: Marktpotenziale

Dieses Kriterium liefert eine Abschätzung der künftigen Nachfrage nach einem Technologiefeld (ggf. auch einer einzelnen Technologie) weltweit bzw. in NRW. Das Marktpotenzial beschreibt die Gesamtheit möglicher Absatzmengen eines Produktes auf einem bestimmten Markt, wenn alle potenziellen Kunden im Rahmen der vorhandenen Kaufkraft ihren Bedarf decken würden.

- *Teilkriterium 3.1, Globales Marktpotenzial.*
- *Teilkriterium 3.2, Marktpotenzial in NRW.*

Kriterium 4: Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Hier erfolgt die Berechnung der THG-Einsparungen und gegebenenfalls weiterer wichtiger Emissionseinsparungen von Erzeugungs- und Effizienztechnologien gegenüber einer Referenztechnologie (möglichst inkl. Vorkettenemissionen). Damit soll bewertet werden, welchen Beitrag das Technologiefeld zur Erreichung der aktuellen klimapolitischen Ziele in NRW liefern kann.

- *Teilkriterium 4.1, Vermiedene Treibhausgas-Emissionen.*
- *Teilkriterium 4.2, Vermiedene oder gestiegene andere Emissionen.*

Kriterium 5: Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

Hier erfolgt die Berechnung der Primärenergie-Einsparungen gegenüber einer Referenztechnologie und gegebenenfalls weitere wichtige Ressourceneffizienzbeiträge. Damit soll bewertet werden, welchen Beitrag das Technologiefeld zur Erreichung der aktuellen Energieeffizienzziele und gegebenenfalls der Ressourceneffizienzziele in NRW leisten kann.

Kriterium 6: Kosteneffizienz

Hier erfolgt die Berechnung der Kosten im Vergleich zu einer Referenztechnologie (einerseits systemanalytische Kosten, andererseits – optional – externe Kosten)

- *Teilkriterium 6.1, Einsparung direkter und indirekter Kosten:* Um die energie-wirtschaftlichen Vorteile einer Technologie zu bewerten, ist die Einschätzung der Kostenersparnisse (bzw. der Mehrkosten) im Vergleich zur Referenztechnologie (Neuanlage) erforderlich.
- *Teilkriterium 6.2, Externe Kosten (nur optional anzugeben).* Externe Kosten werden nur in denjenigen Fällen quantifiziert, in denen belastbare spezifische Preis- bzw. Kostenangaben vorliegen.

Kriterium 7: NRW-Wertschöpfung

Mit diesem Kriterium erfolgt die Abschätzung der möglichen Wertschöpfung, die in NRW generiert werden könnte. Sie umfasst sowohl Industrie (Maschinenbau, Anlagenbau und Systemkomponenten, z. B. Produktion von Stacks für die Brennstoffzelle) als auch Dienstleistungen (z. B. Installation von PV-Anlagen) und unterscheidet Absatzmengen in NRW produzierender Unternehmen von denen in Deutschland.

Kriterium 8: Stand von F&E im Vergleich der Bundesländer

In diesem Kriterium erfolgt die vertiefende Analyse der Technologiefelder mit Blick auf den Stand der Forschung und insbesondere den Status der Forschungslandschaft in NRW. Zudem werden Kompetenzen und Potenziale in NRW in Bezug zu den Technologiefeldern ermittelt. Aus der Untersuchung der Forschungslandschaft NRWs werden Rückschlüsse gezogen, welche Technologiefelder besonders relevant für NRW sind. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass bereits ein hoher Anteil an Forschungsmitteln (Förderung des Bundes und des Landes) in NRW eingesetzt wird, Leuchtturmprojekte umgesetzt werden, relevante Akteure und Forschungseinrich-

tungen ihren Standort in NRW haben, spezifische Netzwerke vorhanden sind und ein hohes Potenzial für die zukünftige Entwicklung gesehen wird.

- *Teilkriterium 8.1, Forschungslandschaft in NRW:* Hier wird die Forschungslandschaft in NRW gescreent und hinsichtlich Leuchtturmprojekten analysiert. Die Projekte, bezogen auf die Einwohnerzahl, werden mit den anderen Bundesländern verglichen.

2.1 *Teilkriterium 8.2, Forschungsbudgets in NRW:* In diesem Unterkriterium werden die Forschungsbudgets, die vom Land NRW und vom Bund eingeworben wurden, ermittelt und, bezogen auf die Einwohnerzahl, mit den anderen Bundesländern verglichen.

Kriterium 9: Gesellschaftliche Akzeptanz

Das Kriterium erfasst die öffentliche Akzeptanz eines Technologiefeldes bzw. einer Technologie einerseits auf lokaler Ebene aber auch übergeordnet in Wirtschaft und Gesellschaft insgesamt. Es hilft einzuschätzen, wie stark mit Unterstützung oder Konflikten bei einem weiteren Ausbau zu rechnen ist, so dass Bedarf für flankierende Maßnahmen bei besonders konfliktträchtigen Technologien identifiziert werden kann.

Kriterium 10: Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Dieses Kriterium stellt einen Indikator dafür dar, inwieweit durch den Einsatz der Technologie Strukturen in der Energieversorgung kurz-, mittel- oder langfristig festgelegt werden. Zur Einschätzung dieser Aspekte dient zum einen die heute übliche wirtschaftliche Nutzungsdauer der Technologie; zum anderen werden die Investitionen je Kilowatt in Abhängigkeit vom Zeithorizont abgeschätzt. Vier Indikatoren bestimmen die Bewertung der Pfadabhängigkeit und Reaktionszeit des Technologiefeldes: Planungszeit, Bauzeit, die heute übliche wirtschaftliche Nutzungsdauer und die spezifische Investition in Euro₂₀₁₅/Einheit.

Kriterium 11: Abhängigkeit von Infrastrukturen

Mit diesem Kriterium soll dargestellt werden, ob das Technologiefeld (oder einzelne Technologien) bei der Marktdurchdringung abhängig sind von bestehenden oder neuen Infrastrukturen.

Zur Beurteilung der Abhängigkeit von Infrastrukturen werden die Technologiefelder nach folgenden Punkten eingestuft:

- Die Nutzung der Technologie(n) ist unabhängig von Infrastrukturen möglich.
- Die Nutzung und Verbreitung der Technologie(n) ist von bestehenden Infrastrukturen abhängig.
- Zur Verbreitung und Nutzung der Technologie(n) müssen bestehende Infrastrukturen ausgebaut werden.
- Zur Verbreitung und Nutzung der Technologie(n) müssen neue Infrastrukturen gebaut werden.

Allgemeine Verkehrsinfrastrukturen und IKT-Infrastrukturen sind im Kontext der Einzelbewertung von Technologiefeldern nicht ausschlaggebend.

Kriterium 12: Systemkompatibilität

Dieses Kriterium zeigt auf, inwieweit eine Technologieanwendung zu übergeordneten oder untergeordneten Systemen kompatibel ist. Als Maß für die Kompatibilität werden drei Teilkriterien betrachtet:

- *Teilkriterium 1, Rückwirkungen:* Mit diesem Teilkriterium wird erfasst, ob und in welchem Umfang das betrachtete System zu Rückwirkungen auf den Betrieb bzw. die Auslegung von anderen Systemen führt. Rückwirkungen sind (im Gegensatz zum dritten Teilkriterium) grundsätzlich negativ konnotiert, d. h. sie bilden unerwünschte und nachteilige Auswirkungen auf andere Systemkomponenten ab.
- *Teilkriterium 2, Anpassungsbedarf:* Dieses Teilkriterium dient als indirektes Kriterium für die Erfassung der Verträglichkeit der zu betrachtenden Systeme.
- *Teilkriterium 3, Wechselwirkungen:* Bei diesem Teilkriterium geht es darum zu bewerten, ob und in welcher Art das jeweils betrachtete System mit den anderen betrachteten Systemen in Wechselwirkung steht. Dabei sind sowohl positive Wechselwirkungen (Synergien) als auch negative Wechselwirkungen (Konkurrenzen) möglich, welche hier zu unterscheiden sind.

3 Steckbriefe der bewerteten Technologiefelder

1.1 TFE-NRW Technologiebewertung Bioenergie

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7041/7041_Bioenergie.pdf

1 Vorbemerkung

Bioenergie ist sowohl hinsichtlich der eingesetzten Rohstoffe, wie den verwendeten Konversionstechnologien als auch den möglichen Endenergieformen oder Energieträgern sehr heterogen. Bei der Bewertung des Technologiefeldes stehen die folgenden drei forschungsseitig relevanten Konversionspfade im Fokus:

- Biochemische Konversion umfasst sämtliche Konversionstechnologien, die im Kern auf mikrobiologischen Vergärungsprozessen basieren. Hierbei werden in Besonderem zwei Technologien betrachtet: Anaerobe Fermentation zu Ethanol und Biogas.
- Technologien der thermochemischen Biomassekonversion setzen wasserarme Biomassen um, vor allem forstliche Biomassen oder trockene Nebenprodukte und Reststoffe aus dem Agrar- oder Abfallbereich, die gegebenenfalls mechanisch-physikalisch (z. B. Zerkleinern, Mischen, Kompaktieren) oder thermo-chemisch (z. B. Torrefizierung) vorbehandelt wurden. Hier wurden Technologien für Verbrennung, Vergasung und Hydrothermale Prozesse betrachtet.
- Im Rahmen der Hybrid-Bioraffinerie-Konversionspfad wird das Konzept für Synergien aus Bioenergie und Power-to-X (SynBioPtX- Konzept) bewertet.

Die Betrachtung von Technologien zur Nutzung von Klär- und Deponiegas und der organischen Fraktionen der Restmüllentsorgung erfolgt explizit nicht, auch wenn die bereitgestellte Energie aus diesen Rohstoffen der Bioenergie zugerechnet wird. Der Hintergrund dafür ist, dass Klär- und Deponiegase im Entsorgungsbereich vorrangig mit dem Ziel eingesetzt werden, entstehende Methanemissionen zu vermeiden bzw. prozesstechnisch sinnvoll zu verwenden, und die Energieproduktion dabei nicht im Vordergrund steht. Weiterhin wird auch die Verknüpfung von Bioenergie und CCS (BECCS) in diesem Kapitel nicht betrachtet, weil die Technologiebewertung von CCS-Technologien in einem anderen Steckbrief behandelt wird.

Technologische Reife: Praxisanlagen in allen Technologiegruppen, einzelne Komponenten von der Grundlagenforschung bis zur Kommerzialisierung (TRL 1 bis 9)

Kritische Komponenten: Vergasungsreaktoren, Verbrennungsaggregate, Verbrennungsmotoren, Anlagen zur Abgasnachbehandlung, Anlagensteuerung, Speicherkomponenten für Intermediate

Entwicklungsziele:

- A: Steigerung der Kohlenstoffnutzungseffizienz und Prozessflexibilisierung (Biochemische Konversion)
- B: Prozessflexibilisierung und Emissionsminderung (Thermochemischen Konversion)
- C: Verbreiterung der Rohstoffbasis und Einbindung von H₂ (SynBioPtX-Konzepte)

2 Vorlaufzeiten

Die Einschätzung des Kriteriums „Vorlaufzeiten“ für die bundesdeutsche Ebene kann auch für NRW übernommen werden („o“).

3 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Die F&E-Risiken sind für NRW insgesamt ähnlich („o“) wie für die Bundesebene.

4 Marktpotenziale

Das Kriterium „Marktpotenzial“ wird für NRW ähnlich wie für die Bundesebene eingestuft („o“).

5 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Gegenüber der Referenztechnologie bietet das Technologiefeld Bioenergie sehr hohe Einsparungen von THG. Diese Einschätzung gilt gleichermaßen für die Bundesebene wie für NRW („o“).

6 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

Das Kriterium „Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz“ kann für NRW ähnlich wie für die Bundesebene („o“) bewertet werden.

7 Kosteneffizienz

Der Hauptkostenfaktor für die spezifischen Endenergiekosten sind die Kosten der Einsatzstoffe. Das Kostensenkungspotenzial für die bereitgestellte Endenergie ist gering. Daher fällt in NRW vergleichsweise zu der bundesdeutschen Ebene das Kriterium „Kosteneffizienz“ geringer (-) aus.

8 NRW Wertschöpfung

Bei der Bruttobeschäftigung des Technikfeldes Bioenergie pro 1000 Arbeitnehmer stand NRW im Jahr 2016 mit 1,5 Beschäftigten unter dem Durchschnitt der Bundesebene (2,7). Damit wird das Kriterium „NRW-Wertschöpfung“ als geringer als auf der Bundesebene („-“) eingeschätzt.

(Quelle: <https://www.foederal-erneuer->

[bar.de/uebersicht/bundeslaender/BW|BY|B|BB|HB|HH|HE|MV|NRW|RLP|SL|SN|ST|SH|TH|D/kategorie/arbeitsplaetze/auswahl/569-bruttobeschaeftigung/#goto_569](https://www.foederal-erneuer-bar.de/uebersicht/bundeslaender/BW|BY|B|BB|HB|HH|HE|MV|NRW|RLP|SL|SN|ST|SH|TH|D/kategorie/arbeitsplaetze/auswahl/569-bruttobeschaeftigung/#goto_569))

9 Stand und Trends von F&E

9.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Bioenergie (+Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Im Bereich Bioenergie hat Baden-Württemberg die größte Summe an Mittel bewilligt bekommen. Auch Sachsen hat relativ viele Mittel bewilligt bekommen. Seit 2010 wurden laut enArgus in NRW 9 Projekte mit Bundesmitteln bewilligt mit einem Budget von knapp 900.000 Euro.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	9 (von 103)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	4
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	895.065
	Platzierung NRW im Ländervergleich	7
	Anzahl von Projekte über 1 Mio. EUR	0
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	0,08 (Saarland 0,23)
Bewertung		o (Platz 10)

9.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Das Land Bayern nimmt in der Biomasse-Förderung im Jahr 2018 den unangefochtenen Spitzenplatz ein (7,5 Mio. EUR). Mit deutlichen Abstand folgen Brandenburg, Baden-Württemberg und Sachsen. Die Förderung aus NRW ist im Ländervergleich gering. Der Anteil der Gesamtaufwendungen ausschließlich von NRW im Bereich Bioenergie entspricht 0,4% und ist damit auch relativ gering im Vergleich zu anderen TF.

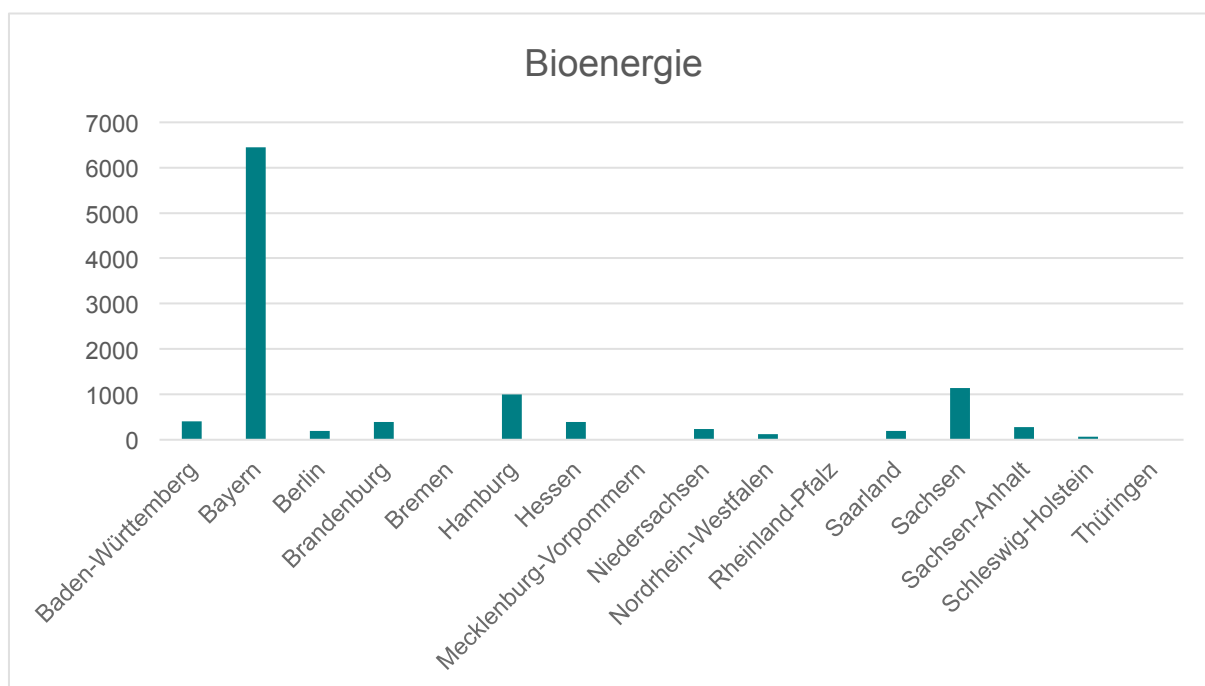


Abbildung 1 F&E Mittel der Bundesländer im Bereich Biomasse (in Tsd. EUR)

Quelle: eigene Darstellung basierend auf PtJ (2020)¹

9.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich Bioenergie bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern nur exemplarische Akteure umfassen:

¹ Projektträger Jülich (2020): Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Länder im Jahr 2018.

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA), Duisburg
	TH Köln
	FH Aachen
	Fraunhofer UMSICHT – Abteilung Bioraffinerie und –kraftstoffe, Oberhausen
	revis bioenergy GmbH, Münster
	Ruhr-Universität Bochum
	Universität Duisburg-Essen
Verbände / Netzwerke	Bundesverband Bioenergie e.V. (BBE), Bonn
	Cluster Energieforschung NRW – Schwerpunkt „Biologische Erzeugung von Energieträgern“, Düsseldorf
	Landesverband Erneuerbare Energien (LEE-NRW), Düsseldorf
	Fachverband Biogas, Regionalgruppen im Münsterland, Niederrhein/Rheinland, Ostwestfalen und Südwestfalen
	Landesverband des BDEW, Düsseldorf
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	✓ Netzwerk Kraftstoffe und Antriebe der Zukunft

9.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- DIANE – Digitalisierung als Motor für cross-industrielle Netzwerke. Umgesetzt im Rahmen von SPIN.
- BioKommunal – Aufbau eines bundesweiten kommunalen Bioenergie-Netzwerks und Mobilisierungsmaßnahmen für einen verstärkten Einsatz von Bioenergie in Kommunen
- Power-to-Biogas - Erfahrungsbasierte Einsatzplanung für die katalytische Methanisierung von Biogas zur Anlagenflexibilisierung
- Nachhaltige Integration von Bioenergiesystemen im Kontext einer kommunalen Entscheidungsfindung (KomInteg); Teilvorhaben: Technologie und Strategie

9.5 Gesamtbewertung F&E

Diesem Technologiefeld kommt sowohl bei der Aufstellung der Forschungslandschaft als auch bei der Höhe der F&E Mittel keine höhere Bedeutung („o“) zu als im Bundesdurchschnitt:

- Laut enArgus wurden kaum Projekte in NRW umgesetzt
- Laut Länderbericht des PtJ (2017) wurden vergleichsweise wenig Mittel ausgegeben
- Während der ExpertInnen-Gespräche wurde kein Schwerpunkt im Bereich Bioenergie gesehen

10 Gesellschaftliche Akzeptanz

Die gesellschaftliche Akzeptanz von Bioenergie in NRW ist als ähnlich zu der Bundesebene eingestuft („o“). (Quelle:

https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/3863/file/3863_NRW_2020plus_Anhang2.pdf S. 17)

11 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Da sich die Indikatoren nur auf das Technologiefeld beziehen und unabhängig von den Infrastrukturen angegeben werden, gibt es keine Abweichung bei der Einschätzung zwischen NRW und Deutschland („o“).

12 Abhängigkeit von Infrastrukturen

Das Kriterium „Abhängigkeit von Infrastrukturen“ wird für NRW ähnlich wie für die Bundesebene eingeschätzt („o“).

13 Systemkompatibilität

Das Kriterium „Systemkompatibilität“ wird für NRW ähnlich wie für die Bundesebene eingeschätzt („o“), weil die Bewertung nur von spezifischen Eigenschaften der Bioenergietechnologien abhängt.

14 Zusammenfassung

Insgesamt wird für das Technologiefeld kein Unterschied zwischen NRW und Gesamtdeutschland gesehen.

1.2 TFE-NRW Technologiebewertung Tiefengeothermie

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7042/7042_Tiefengeothermie.pdf

1 Vorbemerkung

Im Rahmen der Technologiebewertung Tiefengeothermie werden Enhanced Geothermal Systems (EGS) für kombinierbare Wärme- und Stromerzeugungslösungen untersucht. Die Technologiebewertung beinhaltet sowohl hydrothermale als auch petrothermale Systeme.

Technologische Reife: Hydrothermale Systeme sind in Deutschland ins Technologieentwicklungsstadium TRL=7-9 eingestuft. EGS-Anlagen können je nach Standort den Stadien Technologieentwicklung – Demonstration (TRL=4-7) zugeordnet werden.

2 Vorlaufzeiten

Die Vorlaufzeit bis zur Kommerzialisierung von tiefengeothermischen Anlagen hängt stark von geologischen Gegebenheiten und den energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen ab. In NRW gibt es keine deutliche Abweichung zu der Situation in Deutschland („o“).

3 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Das Entwicklungsstadium einer Technologie und die damit verbundenen technischen und wirtschaftlichen Forschungs- und Entwicklungsrisiken gelten gleichermaßen in NRW wie auf der bundesdeutschen Ebene (o).

4 Marktpotenziale

Da das Teilkriterium 3.1 eine weltweite Entwicklung beschreibt, gibt es im Allgemeinen keine Abweichung zwischen der Abschätzung für Deutschland bzw. für NRW.

Geothermische Heizwerke haben an solchen Standorten größere Marktpotenziale, wo es im Untergrund Thermalwasser gibt. Hinsichtlich der tiefen Erdwärmenutzung im geothermischen Kraftwerken weist Nordrhein-Westfalen verglichen mit anderen Bundesländern nicht so gute Bedingungen auf (Geothermie in NRW, 9).

Eine Besonderheit könnte die Nutzung der energetischen Wärmepotenzial von Grubenwasser in den Regionen des Steinkohlebergbaus bieten. Nach Abschätzungen der Potenzialstudie „Warmes Grubenwasser“ könnte eine Wärmemenge von rund 1.300 Gigawattstunden pro Jahr im Referenzjahr 2035 für die zukünftige Wärmeversorgung in NRW zur Verfügung gestellt werden.

<https://www.energieagentur.nrw/geothermie/ueberblick-geothermie>

Hinsichtlich der Nutzungsmöglichkeiten der tiefen Erdwärmenutzung in Kombination mit geothermischen Kraftwerken weist NRW verglichen mit anderen Bundesländern eingeschränkte Bedingungen auf, daher wird dieses Kriterium als geringer (-) eingestuft.

Jedoch wenn die Wärme aus Grubenwasser aus alten Schächten oder Strecken mit der Wärmenachfrage räumlich übereinstimmen oder diese ins Fernwärmenetz integriert werden kann, kann dieses geothermisch erwärmte Grubenwasser Verbrauchern mit geringerem finanziellem Aufwand zur Verfügung gestellt werden. In diesem Fall kann das Kriterium „Marktpotenzial“ in NRW ähnlich wie für die bundesdeutsche Ebene bewertet werden (o).

5 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Da die Potenziale von tiefeingeothermischen Energiequellen in NRW nur eingeschränkt zur Verfügung stehen, wird der Beitrag zu den NRW-Klimazielen und NRW-Emissionsminderungszielen als geringer (-) als auf der Bundesebene eingeordnet.

Die Ergebnisse des Interreg-Projekts DGE-ROLLOUT (laufend bis 2022) könnte hierzu eine genauere Abschätzung nach Projektende liefern. Zurzeit wird von Projektkonsortium geschätzt, dass die zwei Pilotprojekten (Balmatt, BE; Bochum, DE) eine CO₂-Reduktion von 25 000 t/a erreichen können.

<https://www.nweurope.eu/projects/project-search/dge-rollout-roll-out-of-deep-geothermal-energy-in-nwe/>

6 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

Eine andere Perspektive bietet die Integration von Geothermie in die Fernwärmeinfrastruktur. Die hohen Fördertemperaturen der Tiefeingeothermie könnten sich – je nach lokaler Eignung – zu einem wesentlichen Baustein der Fernwärmeversorgung entwickeln (Virtuelles Institut Strom zu Gas und Wärme (S.725))

Jedoch sind die Bedingungen von tiefeingeothermischen Energiequellen in NRW nicht optimal, deshalb wird der Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz in NRW als geringer (-) als auf der Bundesebene eingeordnet.

7 Kosteneffizienz

Evtl. kann die energetische Nutzung von warmem Grubenwasser mit geringem finanziellem Aufwand zur Verfügung gestellt werden, wenn Angebot und Nachfrage räumlich übereinstimmen. Jedoch gibt es bei der Bewertung des Kriteriums „Kosteneffizienz“ keine deutliche Abweichung in NRW zu der Situation in Deutschland („o“).

8 NRW Wertschöpfung

Die Branche „tiefen Geothermie“ weist in NRW eine größere Bedeutung aus.

Das Netzwerk Geothermie in NRW besteht aus über 1500 Mitgliedern und bündelt die Aktivitäten der Branche. Durch den zahlreichen, NRW-ansässigen Unternehmen werden die Wertschöpfungseffekte für NRW als viel bedeutender (++) eingestuft als für die bundesdeutsche Ebene.

9 Stand und Trends von F&E

9.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Tiefeingeothermie (+Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Im Bereich der Tiefengeothermie hat NRW laut enArgus die größte Summe an Mittel bewilligt bekommen. Dahinter folgen Niedersachsen und Bayern. Seit 2010 wurden in NRW 10 Projekte mit Bundesmitteln bewilligt mit einem Budget von etwa 14,46 Mio. Euro. Zwischen 2010 und 2017 wurde nie mehr als 1 Projekt durch den Bund in NRW gefördert.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	10 (von 58)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	3
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	14,46 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	1
	Anzahl von Projekte über 1 Mio. EUR	3
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	0,08 (Saarland 0,23)
Bewertung		+ (Platz 5)

9.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Relativ wenige Bundesländer fördern Geothermie mit Landesmitteln. Bayern und Baden-Württemberg liegen in 2018 deutlich vor NRW. Die Förderung von Geothermie macht in NRW lediglich 0,37% an den Gesamtausgaben für Energie-relevanter Forschung aus.

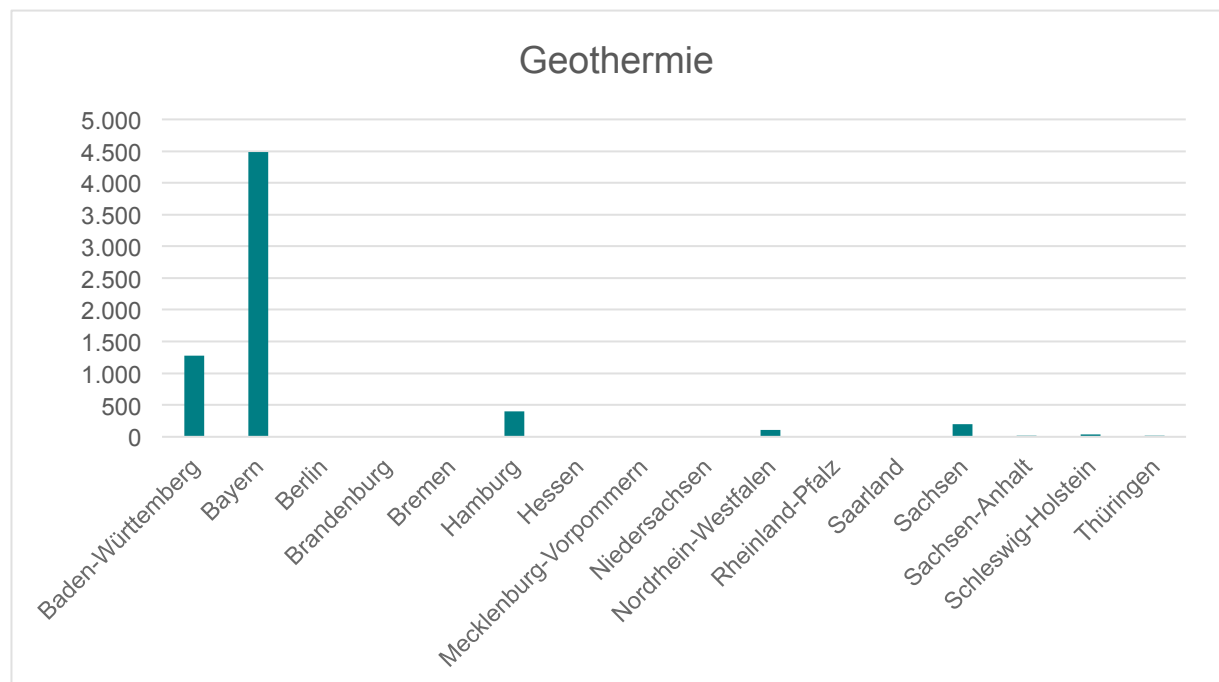


Abbildung 2 F&E Mittel der Bundesländer im Bereich Geothermie (in Tsd. EUR)
Quelle: eigene Darstellung basierend auf PtJ (2020)²

² Projektträger Jülich (2020): Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Länder im Jahr 2018.

9.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich der Tiefengeothermie bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern nur exemplarische Akteure umfassen:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG (ehemals International Geothermal Centre), Bochum
	Ruhr-Universität Bochum - Fakultät für Geowissenschaften; Lehrstuhl für Energiesysteme & Energiewirtschaft
	Hochschule Bochum - FB Bauingenieurwesen - International Geothermal Centre
	RWTH Aachen
	HarbourDom Consulting, Köln
	DMT GmbH & Co KG, Essen
	Ingenieurbüro delta h, Witten
Verbände / Netzwerke	Wirtschaftsvereinigung Geothermie e.V. (Teil des Internationalen Geothermiezentrums), Bochum
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	✓ Netzwerk Geothermie

9.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- DGE-Rollout-DE - Roll-out of Deep Geothermal Energy in NWE; Teilvorhaben: A - Tiefengeothermie in der Rhein-Ruhr-Region - Explorationsbohrung im Rheinischen Braunkohlenrevier, Hochtemperatur-Wärmepumpe mit Grubenwasserspeicher, überregionales Kommunikationsprogramm (Gesamt-Projektleitung: Geologische Dienst NRW) Förderprogramm: Interreg NWE
- Kabel Zero - Geothermale Papiertrocknung – Entwicklung einer Dampferzeugung zur Papiertrocknung auf Basis tiefengeothermalen Wärme in Hagen. Förderprogramm: Klimaschutzwettbewerb EnergieSystemWandel
- Karbonatexploration in NRW (KarboEx) – Erschließung einer Wärmequelle für den karbonfreien Wärmemarkt. Förderprogramm: Leitmarktwettbewerb EnergieUmweltwirtschaft
- D2Grids - Increasing the share of renewable energy by accelerating the roll-out of demand-driven smart grids delivering low temperature heating and cooling to NWE cities. U.a. die Nutzung von Grubenwasser und Demonstration der Technologie durch Pilotanlagen in Bochum am Standort Mark 51^o7. Förderprogramm: Interreg NWE
- Heatstore. Teilprojekt Grubenwärmespeicher an der ehem. Kleinzeche Markgraf2. Förderprogramm Geothermica
- Grubenwasser Ruhr - Entwicklung von innovativen und effizienten Wärmenutzungskonzepten unter Berücksichtigung der Bergbauinfrastruktur im Ruhrgebiet. Förderprojekt des BMWi

9.5 Gesamtbewertung F&E

Diesem Technologiefeld kommt sowohl bei der Aufstellung der Forschungslandschaft als auch bei der Höhe der F&E Mittel eine höhere Bedeutung („+“) zu als im Bundesdurchschnitt:

- Die Forschungsgelder des Bundes, die nach NRW fließen, sind deutlich höher als in anderen Bundesländern
- Das Geothermiezentrum Bochum (bzw. Fraunhofer IEG) hat überregionale Bedeutung
- Durch das Forschungsvorhaben DGE-Rollout besteht eine hohe Relevanz, was durch die ExpertInnen-Gespräche bestätigt wurde. Die ExpertInnen bestätigen zudem, dass das Technologiefeld gerade in Zukunft eine relevante Rolle spielen wird und mit einer steigenden Zahl an Forschungsprojekten/Forschungsmitteln zu rechnen ist.

10 Gesellschaftliche Akzeptanz

Es sind keine NRW-spezifischen Untersuchungen bekannt, daher wird die gesellschaftliche Akzeptanz von Tiefengeothermie in NRW als ähnlich wie die auf der Bundesebene eingestuft („o“).

11 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Da sich die Indikatoren nur auf das Technologiefeld beziehen und unabhängig von den Infrastrukturen angegeben werden, gibt es keine Abweichung bei der Einschätzung zwischen NRW und Deutschland („o“).

12 Abhängigkeit von Infrastrukturen

Das Kriterium „Abhängigkeit von Infrastrukturen“ wird für NRW ähnlich wie für die Bundesebene eingeschätzt („o“), weil die Bewertung nur von den speziellen Eigenschaften der tiefengeothermischen Anlagen abhängt.

13 Systemkompatibilität

Das Kriterium „Systemkompatibilität“ für NRW ähnlich wie für die Bundesebene eingeschätzt („o“), weil die Bewertung nur von den speziellen Eigenschaften der tiefengeothermischen Anlagen abhängt.

14 Zusammenfassung

Basierend insbesondere auf dem im NRW konzentrierten Know-how von tiefengeothermischen Anwendungen wird die Technologie für NRW relevanter als in Gesamtdeutschland bewertet.

1.3 TFE-NRW Technologiebewertung Photovoltaik

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7043/7043_Photovoltaik.pdf

1 Vorbemerkung

Photovoltaik (PV) ist eine Technologie zur Erzeugung elektrischer Energie aus Licht mittels des Photoeffektes in Halbleiter-Strukturen. Die wichtigsten Technologien des Technologiefeldes bestehen aus fünf Zell-Technologien (A), der Produktionstechnologie (B), der PV-Systemtechnik (C) und angrenzender Technologien (D). Die Kategorisierung ist an den FVEE (FVEE 2017) angelehnt.

A: Solarzellen und Module:

- A1: Kristallines Silizium (c-Si) (mono-c, multi-c, dünne c-Si Solarzellen) und Module
- A2: Stapelzellen auf c-Si und Module
- A3: Dünnschicht-Module aus CuIn(Ga)Se (CIGS), CdTe und andere Ansätze
- A4: III-V Mehrfach-Konzentrator-Solarzellen und Module
- A5: Organische Solarzellen und Module

B: PV-Fertigungs- und Anlagentechnik sowie Produktionsmittel

C: Systemtechnik

- C1: PV-Invertertechnologie
- C2: Netzanbindung und Netzführung

D: Angrenzende Technologien:

- D1: Bauwerkintegrierte PV
- D2: PV-Ertragsprognostik
- D3: Recycling von Modulen und Wertstoffen

2 Vorlaufzeiten

Bei der Bewertung des Kriteriums „Vorlaufzeiten“ ergeben sich keine Unterschiede zur Bundesebene („0“).

3 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Die F&E-Risiken sind für NRW insgesamt ähnlich („0“) wie für die Bundesebene.

4 Marktpotenziale

Da das Teilkriterium 3.1 eine weltweite Entwicklung beschreibt, gibt es im Allgemeinen keine Abweichung zwischen der Abschätzung für Deutschland bzw. für NRW. NRW weist durch die hohe Bevölkerungsdichte und die relativ ungünstigen Standortbedingungen (z.B. Zahl der Sonnenstunden) verglichen mit anderen Bundesländern nicht so gute Bedingungen auf. Die aktuelle durchschnittliche Leistung der PV-Anlagen in NRW liegt unter dem gesamtdeutschen Durchschnitt. Jedoch war der Anteil der PV-Stromerzeugung am möglichen Potenzial in NRW 12,3% im Jahr 2017. Mit einem technischen PV-Potenzial von 28.900 Mio. kWh/a hat NRW das höchste

technische Potenzial unter den Bundesländern. Daher wird dieses Kriterium als wichtiger im Vergleich zu der Bundesebene (+) eingestuft ³.

5 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Keine Abweichung zu der Einstufung auf der Bundesebene („o“).

6 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

Keine Abweichung zu der Einstufung auf der Bundesebene („o“).

7 Kosteneffizienz

Keine Abweichung zu der Einstufung auf der Bundesebene („o“).

8 NRW Wertschöpfung

Bei der Bruttobeschäftigung des Technikfeldes Solarenergie pro 1000 Arbeitnehmern (0,9) stand NRW im Jahr 2016 leicht unter dem Bundesdurchschnitt (1,1). Damit wird das Kriterium „NRW-Wertschöpfung“ als ähnlich wie auf der Bundesebene („o“) eingeschätzt ⁴.

9 Stand und Trends von F&E

9.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Photovoltaik Anlage (+Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Baden-Württemberg hat mit deutlichem Abstand vor NRW und Sachsen die größte Summe an Fördermitteln des Bundes bewilligt bekommen. Die Mittel für NRW wurden für 100 Projekte ausgegeben. Organisationen mit Sitz in Jülich, Aachen und Köln erhielten die meisten Fördermittel innerhalb NRWs für den Bereich Photovoltaik.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	107 (von 707)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	2
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	54,7 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	3
	Anzahl von Projekte über 1 Mio. EUR	14
	Forschungsmittel pro Einwohner in EUR	0,30 (Baden-Württemberg 1,20)
Bewertung		o (Platz 10)

9.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Das PtJ (2020) erfasst Förderungen im Bereich PV gemeinsam mit Solarthermie.

³ Quelle: https://www.foederal-erneuerbar.de/uebersicht/bundeslaender/BW|BY|B|BB|HB|HH|HE|MV|NRW|RLP|SL|SN|ST|SH|TH|D/kategorie/solar/auswahl/713-durchschnittliche_le/#goto_713

⁴ Quelle: https://www.foederal-erneuerbar.de/uebersicht/bundeslaender/BW|BY|B|BB|HB|HH|HE|MV|NRW|RLP|SL|SN|ST|SH|TH|D/kategorie/arbeitsplaetze/auswahl/537-bruttobeschaeftigung/#goto_537

9.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich der Photovoltaik bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern nur exemplarische Akteure umfassen:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme, Gelsenkirchen
	Forschungszentrum Jülich GmbH - Institut für Energie- und Klimaforschung
	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen - Fakultät 6 - Elektrotechnik und Informationstechnik
	TÜV Rheinland Energy GmbH, Köln
	Evonik
Verbände / Netzwerke	Landesverband NRW des BDEW, Düsseldorf
	LEE-NRW, Düsseldorf
	Marktinitiative Photovoltaik NRW, Düsseldorf, Gelsenkirchen, Wuppertal
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	✓ Kein klassisches Netzwerk der Energieagentur vorhanden, aber durch die Marktinitiative „Photovoltaik NRW – Solarstrom für Nordrhein-Westfalen“ ⁵ ist eine Plattform vorhanden (mit 2.000 Mitgliedern aus 900 Unternehmen)

9.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- PV-KLIMA - Energieertrag von Dünnschicht-PV-Modulen unter verschiedenen klimatischen Bedingungen
- OfenSiK: Test von Maßnahmen zur Weiterentwicklung von Öfen zur Kristallisation von Silizium für den Einsatz in Photovoltaik

9.5 Gesamtbewertung F&E

Diesem Technologiefeld kommt sowohl bei der Aufstellung der Forschungslandschaft als auch bei der Höhe der F&E Mittel keine höhere Bedeutung („o“) zu als im Bundesdurchschnitt:

- Die Fördermittel sprechen gegen eine hohe Relevanz für NRW.
- Von den ExpertInnen wurde bestätigt, dass im Bereich Photovoltaik andere Bundesländer führend sind.

10 Gesellschaftliche Akzeptanz

Die gesellschaftliche Akzeptanz von Photovoltaik in NRW ist als ähnlich zu der Bundesebene eingestuft („o“). (Quelle:

https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/3863/file/3863_NRW_2020plus_Anhang2.pdf S. 17)

⁵ <https://www.energieagentur.nrw/solarenergie/photovoltaik-nrw>

11 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Da die Indikatoren nur auf das Technologiefeld beziehen und unabhängig von den Infrastrukturen angegeben werden, gibt es keine Abweichung bei der Einschätzung zwischen NRW und Deutschland („o“).

12 Abhängigkeit von Infrastrukturen

Das Kriterium „Abhängigkeit von Infrastrukturen“ wird für NRW ähnlich wie für die Bundesebene eingeschätzt („o“).

13 Systemkompatibilität

Das Kriterium „Systemkompatibilität“ für NRW ähnlich wie für die Bundesebene eingeschätzt („o“), weil die Bewertung nur von den Eigenschaften der PV-Technologien abhängt.

14 Zusammenfassung

Insgesamt wird für das Technologiefeld kein Unterschied zwischen NRW und Gesamtdeutschland gesehen.

1.4 TFE-NRW Technologiebewertung Solare Wärme und Kälte

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7044/7044_Solare_Waerme_Kaelte.pdf

1 Vorbemerkung

Das Technologiefeld „Solare Wärme & Kälte“ besteht aus den Technologien Kollektoren, Wärme- und Kältespeicher und Systemtechnik mit den Anwendungen dezentrale Raumheizung und TWW-Bereitstellung, Prozesswärme, Kühlung und netzgebundene Wärmeversorgung.

Technologische Reife: Kollektoren TRL 2 (z. B. neue Kollektorkonzepte) bis 9; Wärme- und Kältespeicher TRL 1 (z. B. thermochemische Speicher) bis 9, Systemtechnik TRL 3 bis 9.

Kritische Aspekte: Zunehmende Systemkomplexität bei hohen wirtschaftlichen Anforderungen

Entwicklungsziele:

- Kollektoren: Systemorientierte Entwicklung zur Senkung der Anlagenkosten, Steigerung der Effizienz für neue Anwendungsbereiche (z. B. Wärmenetze, Prozesswärme) und Gebäudeintegration
- Wärme-/Kältespeicher: Reduktion der Wärmeverluste, Erhöhung der Energiedichte, optimierte Be- und Entladestrategien, marktaugliche Lösungen für Langzeit- und Mitteltemperaturspeicher
- Systemtechnik: Kostensenkung, zuverlässige Systeme mit solarem oder erneuerbarem (z. B. Wärmepumpe und Geothermie) Deckungsanteil bis zu 100 %, multimodale Energieversorgungssysteme

2 Vorlaufzeiten

- Kommerzialisierung von dezentralen Solaranlagen zur Raumheizung und Trinkwarmwasser mit einem solaren Deckungsanteil < 50 %, -> wenige Jahre
- Kommerzialisierung von dezentralen Solaranlagen für Raumheizung und Trinkwarmwasser mit einem solaren Deckungsanteil > 50 %, -> ca. 10 Jahre
- Kommerzialisierung von Solaranlagen im Bereich Prozesswärme, -> ca. 10 Jahre
- Kommerzialisierung von Solaranlagen im Bereich Kälteerzeugung, -> ca. 10 Jahre
- Kommerzialisierung von netzgebundenen Solaranlagen mit einem solaren Deckungsanteil < 30 %, -> wenige Jahre
- Kommerzialisierung von netzgebundenen Solaranlagen mit einem solaren Deckungsanteil > 30 %, -> ca. 10 Jahre

Keine Abweichungen in NRW im Vergleich zur Bundesebene („0“)

3 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Tabelle aus TFE

Tab. 3-8 Bewertung technischer und wirtschaftlicher Forschungs- und Entwicklungsrisiken in Zusammenhang mit Technologiefeld „Solare Wärme & Kälte“

	sehr gering	Gering	eher gering	eher hoch	hoch	sehr hoch
Das <i>technische</i> Forschungs- und Entwicklungsrisiko ist ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das <i>wirtschaftliche</i> Forschungs- und Entwicklungsrisiko ist ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Keine Abweichungen in NRW im Vergleich zur Bundesebene („o“).

4 Marktpotenziale

Tabelle au TFE

Tab. 4-4 Nationales Marktpotenzial für das Technologiefeld „Solare Wärme & Kälte“

Jahr	Referenz (BAU)		Szenarienbereich DE_80 %		Szenarienbereich DE_95 %	
Einheit	GW _{th} / TWh		GW _{th} / TWh		GW _{th} / TWh	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
2014 - 2020	3,0 / 1,7	25,0 / 14,3	21,4 / 12,2	33,3 / 19,0	7,2 / 4,1	27,2 / 15,7
2021 - 2030	3,3 / 1,9	24,8 / 14,2	44,5 / 25,4	38,9 / 22,2	34,1 / 19,5	66,1 / 37,8
2031 - 2040	3,5 / 2,0	9,2 / 5,3	23,8 / 13,6	40,9 / 23,4	55,9 / 32,0	40,3 / 23,1
2041 - 2050	3,2 / 1,8	12,2 / 6,9	17,0 / 9,7	40,4 / 23,1	11,7 / 6,7	21,4 / 12,2

Es existieren in NRW überdurchschnittlich viele MF-Häuser, dadurch ist das Potenzial leicht überdurchschnittlich (o bis leicht +).

5 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Für Deutschland ergibt sich gegenüber den Referenztechnologien eine Einsparung von CO₂-äq-Emissionen von bis zu 52 Mio. t (2020 – 2050), sowie von allen weiteren Luftschadstoffen (SO₂-äq, CO, NMVOC).

Es existieren in NRW überdurchschnittlich viele MF-Häuser, dadurch ist das Potenzial leicht überdurchschnittlich (o bis leicht +) bezogen auf die Bevölkerung.

6 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

In Deutschland sind gegenüber den Referenztechnologien Einsparung von Primärenergie bis zu 855 PJ (2020 – 2050) möglich. Darüber hinaus ist kein Verbrauch kritischer Rohstoffe nach DERA-Definition damit verbunden

Das Potenzial für NRW ist leicht überdurchschnittlich (o bis leicht +) bezogen auf die Bevölkerung.

7 Kosteneffizienz

Es ist ein hohes Kostensenkungspotenzial vorhanden, vor allem im System (Standardisierung, Installation).

Gegenüber den Referenztechnologien ergeben sich Einsparungen erst nach 2030 von bis zu 7 Mrd. €/a (2050) in Deutschland.

Das Potenzial für NRW ist leicht überdurchschnittlich (o bis leicht +) bezogen auf die Bevölkerung.

8 NRW Wertschöpfung

Die innerdeutsche Wertschöpfung steigt bis auf 15,4 Mrd. € in 2030, reduziert sich dann aber auf 7,5 Mrd. € in 2050.

In NRW ist dies vermutlich proportional (22 %) zur Bevölkerung, d. h. , es gibt keinen Unterschied zur Bundesebene („o“)

9 Stand und Trends von F&E

9.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Kollektor / Wärmespeicher / Kältespeicher (+ Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Baden-Württemberg und Bayern haben vor NRW die größte Summe an Fördermitteln des Bundes bewilligt bekommen. Bei den Forschungsgeldern pro Einwohner bewegt sich NRW im Mittelfeld. Von den drei betrachteten Technologien fließen die meisten Fördermittel in den Bereich der Kollektoren.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	Kollektor: 88 (von 454) Wärmespeicher: 64 (von 324) Kältespeicher: 28 (von 167)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	Kollektor: 2 Wärmespeicher: 1 Kältespeicher: 2
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	Kollektor: 36,8 Mio. Wärmespeicher: 23,7 Mio. Kältespeicher: 11,7 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	Kollektor: 2 Wärmespeicher: 3 Kältespeicher: 4
	Anzahl von Projekte über 1 Mio. EUR	Kollektor: 8 Wärmespeicher: 4 Kältespeicher: 2
	Forschungsmittel pro Einwohner in EUR	Kollektor: 0,20 (Baden-Württemberg 0,75) Wärmespeicher: 0,13 (Hamburg 0,67) Kältespeicher: 0,07 (Hamburg 0,59)
Bewertung		Kollektor: o (Platz 7) Wärmespeicher: o (Platz 10) Kältespeicher: o (Platz 11)

9.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ Länderberichte

Es liegen keine konkreten Daten vor.

9.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich der solare Wärme und Kälte bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern nur exemplarische Akteure umfassen:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. – Institut für Solarforschung Köln
	RWTH Aachen - E.ON Energy Research Center - Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik
	Zentrum für innovative Energiesysteme, Düsseldorf
	Hochschule Düsseldorf - Fachbereich 4 Maschinenbau und Verfahrenstechnik - Erneuerbare Energien und Energieeffizienz
	Fachhochschule Aachen - Campus Jülich - Solar-Institut
	Universität Paderborn - Fakultät für Maschinenbau
Verbände / Netzwerke	
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	✓ Netzwerk Netze und Speicher
	✓ Netzwerk Kraftwerkstechnik

9.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- EnOB: ZUGABE: Zukünftige hydraulische Systeme für die Verteilung von Wärme und Kälte in modernen neuen oder sanierten Gebäuden mit unterschiedlichen Abnehmern und Erzeugern. Teilvorhaben: Modellbildung und Simulation, Regelungsentwicklung, Prozessdurchgängigkeit, Erprobung und Tests
- KollSorp - Entwicklung und Demonstration eines kollektorintegrierten Sorptions-systems zur solaren Kühlung und Heizungsunterstützung; TP 2
- Fortentwicklung und Feld-Validierung eines Berechnungs- und Auslegungstools zur energieeffizienten Kühlung von Gebäuden mit luftgestützten Systemen und innovativer Anlagentechnik; Teilvorhaben: Prüfstandmessungen, Hydraulik- und Regelstrategien

9.5 Gesamtbewertung F&E

Diesem Technologiefeld kommt sowohl bei der Aufstellung der Forschungsland-schaft als auch bei der Höhe der F&E Mittel keine höhere Bedeutung („O“) zu als im Bundesdurchschnitt:

- Die Fördermittel sprechen gegen eine hohe Relevanz für NRW
- In den ExpertInnen-Gesprächen wurde bestätigt, dass nur wenige Projekte in die-sem Bereich in NRW umgesetzt werden.

10 Gesellschaftliche Akzeptanz

Bundesweit

- sehr hohe sozio-politische Akzeptanz,
- Sehr hohe lokale Akzeptanz bei dezentralen Anlagen, niedrigere bei zentralen An-lagen, niedrige Marktakzeptanz (fehlende Wirtschaftlichkeit und Bereitschaft der Wärmenetzbetreiber)

In NRW keine Abweichung („O“)

11 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

- Bei dezentralen Anlagen: Sehr geringe Pfadabhängigkeit und hohe Reaktionsfä-higkeit
- Bei zentralen Anlagen: Höhere Pfadabhängigkeit und niedrigere Reaktionsfä-higkeit, dabei aber Flexibilität und Hybridisierungsoptionen (Einsatz von KWK, Bi-omasse, Geothermie, etc.) der Netze

In NRW keine Abweichung zur Bundesebene („O“).

12 Abhängigkeit von Infrastrukturen

- Bei dezentralen Anlagen: Keine Infrastruktur erforderlich;
- Bei zentralen Anlagen: Neue bzw. modernisierte Wärmenetze notwendig. Für An-lagen mit hohen solaren Deckungsraten sind zudem saisonale Speicher erforder-lich

In NRW keine Abweichung zur Bundesebene („O“).

13 Systemkompatibilität

- Hohe Systemkompatibilität und Effizienzsteigerung in Kombination mit Heiz- und KWK-Systemen und große Synergien in Kombination mit Wärmepumpen und Geothermie;
- Möglichkeit zur Entlastung der Stromnetze durch zusätzliche thermische Speicherkapazität und alter- nierende Betriebsweise in Kombination mit KWK;

In NRW keine Abweichung zur Bundesebene („O“).

14 Zusammenfassung

Insgesamt wird für das Technologiefeld kein Unterschied zwischen NRW und Gesamtdeutschland gesehen.

1.5 TFE-NRW Technologiebewertung Solarthermische Kraftwerke

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7045/7045_Solartherm_Kraftwerke.pdf

1 Vorbemerkung

Technologie A: Parabolrinne bzw. Tower, Molten Salt als Wärmeträger- und Speichermedium, 3-stelliger MWe-Bereich, Standort: Mittelmeerraum, zur Residuallastdeckung über HGÜ

Technologie B: Hybride Biomasse-Heizkraftwerke zur Brennstoffeinsparung, Parabolrinne mit Thermoöl oder Direktverdampfung, bis kleiner 2-stelliger MW-Bereich, Mitteleuropa

Technologische Reife: A: Demonstration (TRL 7), je ein Turm- bzw. Parabolrinnenkraftwerk <100 MWe, Mittelmeerraum; B: Demonstration (TRL 7), ein Biomasse-Hybridkraftwerk in Spanien

Kritische Aspekte der Betriebsführung bzw. Komponenten:

- A: Salzkpositionen zur Senkung des Schmelzpunktes, Betriebsstrategien und Einrichtungen/ Begleitheizungen zum sicheren Befüllen, Entleeren und „Anti-Freeze-Betrieb“, Konzentratoren und Receiver
- B: Systemintegration und Regelung zur Sicherung der Versorgung bei minimierten Stand-by-Verlusten

Entwicklungsziele

- Kurzfristig: Unterstützung der Markteinführung zur Erreichung von TRL 9
- Mittel-bis langfristig: Kostensenkung durch effizientere Prozesse (Temperaturerhöhung, ggf. neue Wärmeträgermedien), Kostengünstigere Materialien und Fertigung der Komponenten (TRL 2-5)

2 Vorlaufzeiten

Inbetriebnahme der ersten kommerziellen Anlagen:

Solarthermisches Kraftwerk mit Salzschnmelze als Wärmeträger- und Speichermedium im Mittelmeerraum und HGÜ-Übertragung nach Deutschland
-> 10 - 20 Jahre

Solare Hybridisierung von Heizkraftwerken in Deutschland -> 10 Jahre

Solarthermisches Kraftwerk im Leistungsbereich >100 MW in den Zielländern für Solarthermische Kraftwerke

- Solarturmkraftwerk / Salz- schmelze (Nitratsalze) -> wenige Jahre
- Solarturmkraftwerk / Hochtemperatur Salzschnmelze -> 20 Jahre
- Parabolrinnenkraftwerk / Salzschnmelze -> 10 Jahre
- Solarturmkraftwerk / volumetrischer (Luft-) Receiver -> 10 Jahre
- Solarturmkraftwerk / Flüssigmetall -> 30 Jahre

- Solarturmkraftwerk / Partikel -> mehr als 30 Jahre
- Dezentrales solarthermisches Hybrid-Kraftwerk mit KWK Industrielle KWK
-> 10 Jahre
- Dezentrales solarthermisches Hybrid-Kraftwerk mit KWK Inselnetze / Microgrids
-> 10 Jahre

Turmkraftwerke mit alternativen Wärmeträgermedien für höhere Temperaturen werden dem unterschiedlichen Entwicklungsstand entsprechend gestaffelt in den Markt eintreten. Für volumetrische Luftreceiver ist TRL 8 mit dem Solarturm Jülich realisiert.

Da diese Technologie nicht NRW-spezifisch ist, ergeben sich keine Unterschiede zwischen NRW und der Bundesebene („0“).

3 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Es gibt vier CSP-Anlagenvarianten.

- Parabolrinnen- (Parabolic Troughs, PT) und Fresnel-Reflektoren (Fresnel Reflectors, FR) konzentrieren die Sonnenstrahlen auf eine Brennnlinie/Rohr und erreichen Betriebstemperaturen zwischen 300-500° C. Beide Systeme finden auch in Hybrid-Kraftwerken Anwendung, in denen sowohl Solarenergie als auch fossile Brennstoffe zum Antrieb der Dampfturbine verwendet werden.
- Die Solarturm- (Solar Towers, ST) und Parabolspiegel-Technologien (Solar Dishes, SD) fokussieren das Sonnenlicht auf einen Brennpunkt und können dadurch höhere Temperaturen als PT und FR erreichen.

Da diese Technologien nicht NRW-spezifisch ist, ergeben sich keine Unterschiede zwischen NRW und der Bundesebene („0“).

4 Marktpotenziale

Da in NRW die Sonneneinstrahlung für den kommerziellen Betrieb solcher Anlagen nicht ausreicht, gibt es kein Marktpotenzial in Deutschland und damit auch nicht in NRW, d. h. es gibt keinen Unterschied zwischen NRW und der Bundesebene („0“).

5 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Jährlich vermiedene Treibhausgas-Emissionen durch dieses Technologiefeld in Deutschland im Vergleich zum Referenzfall: Da in NRW kein Marktpotenzial existiert, ist kein Beitrag zu Klimazielen vorhanden, d. h. es gibt keinen Unterschied zwischen NRW und der Bundesebene („0“)

6 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

Jährlich vermiedener Primärenergieeinsatz durch dieses Technologiefeld in Deutschland im Vergleich zum Referenzfall: Da in NRW kein Marktpotenzial existiert, ist kein Beitrag zur Ressourceneffizienz vorhanden, d. h. es gibt keinen Unterschied zwischen NRW und der Bundesebene („0“)

7 Kosteneffizienz

Da keine Marktpotenzial vorhanden ist, gibt es keinen Unterschied zwischen NRW und der Bundesebene („0“).

8 NRW Wertschöpfung

Die installierte CSP-Leistung ist zuletzt schnell gewachsen. Die weltweit installierte CSP-Leistung in 2015 lag bei 4,8 GW (in Vergleich zu 4,3 GW in 2014). Davon liegen über 80 % in den USA und Spanien [8]. Die Gesamtinstallationskosten für CSP-Anlagen sind normalerweise höher als für PV, man erwartet aber, dass sie um rund 33-37 % bis 2025 fallen werden. Dies vor allem aufgrund der Lernkurve, Skaleneffekten und technischen Verbesserungen im Wirkungsgrad und in der Herstellung [7]. Der Einsatz von größeren Anlagen (100-250 MW) wird die Kosten deutlich senken und die kommerzielle Wettbewerbsfähigkeit erhöhen.

Mögliche jährliche deutsche inländische Wertschöpfung für 10 % Marktanteil und 40 % Wertschöpfungsanteil am Umsatz

- Referenz (BAU): 1,03 – 32 Mrd. €/Dekade
- Szenarienbereich INT_2°C: 1,3 – 62 Mrd. €/Dekade
- Szenarienbereich INT_besser_2°C: 7,6 – 122 Mrd. €/Dekade
- Inländischer Wertschöpfungsanteil tendenziell sinkend durch Vorgaben der Ziel-länder bezüglich lokaler Wertschöpfungsanteile und starken internationalen Wettbewerb
- Umsetzung im Markt beeinträchtigt durch fehlende finanzkräftige Generalunter-nehmer

NRW ist hier mit seinen Forschungseinrichtungen und dem Anlagenbau im Ver-gleich zur Bundesebene wesentlich besser aufgestellt („++“).

9 Stand und Trends von F&E

9.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Solarthermisches Kraftwerk (+Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Baden-Württemberg ist Spitzenreiter an bewilligter Förderung durch den Bund, dicht gefolgt von NRW. Die Mittel in NRW wurden für insgesamt 64 Projekte ausgegeben; hinsichtlich der Gesamtanzahl an umgesetzten Vorhaben ist NRW spitze. In den letzten Jahren hat die Anzahl an Vorhaben im Bereich Solarthermische Kraftwerke stetig zugenommen.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	64 (von 193)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	1
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	34,2 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	2
	Anzahl von Projekte über 1 Mio. EUR	10
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	0,19 (Baden-Württemberg 0,36)
Bewertung		++ (Platz 2)

9.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Das PtJ (2020) erfasst Förderungen im Bereich Solarthermie gemeinsam mit PV.

9.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich der solarthermischen Kraftwerke bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern nur exemplarische Akteure umfassen:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. - Institut für Solarforschung - Standort Köln und Jülich
	TSK Flagsol Engineering GmbH, Köln
	Fachhochschule Aachen - Campus Jülich - Solar-Institut
	Universität Paderborn - Fakultät für Maschinenbau
Verbände / Netzwerke	LEE-NRW, Düsseldorf
	Rhein-Ruhr-Power e.V., Düsseldorf
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	✓ Netzwerk Kraftwerkstechnik

9.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- Solar- und Multifokusturm Jülich (Projektleitung DLR Jülich)
- QUARZ-Zert ' Entwicklung von CSP-spezifischen Produktprüfungsverfahren
- Ultimate Trough - Entwicklung eines Designs und Prototyps für eine neue kostengünstige Generation von Parabolrinnenkollektoren
- Verbundvorhaben StaMep - Entwicklung von standardisierten Messmethoden und Prüfständen für den Leistungsnachweis von Bauteilen solarthermischer Kraftwerke
- High Performance Molten Salt Tower Receiver System
- Weiterentwicklung des Wärme-Speicher-Kraftwerks: Projekt „Malta“ mit 100 MW HT-Wärmepumpe (von Siemens Mülheim) in Jülich: Erzeugung von Prozesswärme, Wärme für Low-Ex-Netz und Kälte, angesiedelt im BrainEnergy Park Jülich: <https://www.brainergy-park.de/>
- HPMS – High Performance Molten Salt Tower Receiver System (Projektleitung DLR/Rhein Ruhr Power)

9.5 Sonstiges

- Der Verein „Rhein Ruhr Power“ unterstützt Projekte zur Förderung von solarthermischen Anlagen (High Performance Molten Salt Tower Receiver System)

9.6 Gesamtbewertung F&E

Diesem Technologiefeld kommt sowohl bei der Aufstellung der Forschungslandschaft als auch bei der Höhe der F&E Mittel eine überproportional höhere Bedeutung („++“) zu als im Bundesdurchschnitt:

- Die Fördermittel des Bundes sprechen für eine hohe Relevanz für NRW
- Viele Projekte mit hoher überregionaler Bedeutung
- Besonders hervorzuheben ist der Solar- und Multifokusturm Jülich (DLR). Zudem wird es in Zukunft ein BMWi Reallabor („Store2Power“) in NRW umgesetzt

10 Gesellschaftliche Akzeptanz

- Geringes Risiko für Marktakzeptanz und sozialpol. Akzeptanz
- Lokal unter Umständen Akzeptanzprobleme wegen Flächenbedarf und ggf. Störung des Landschaftsbildes („not in mybackyard-Problem“)

Kein Unterschied in NRW im Vergleich zur Bundesebene („o“)

11 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Kosten in €				
	2015	2020	2030	2050
Investitionskosten [€/kW]	5000-5100 *****	3200-3300	→	→
Fixe Betriebskosten [€/kW]	45-60	40	→	→
Variable Betriebskosten [€/MWh]	0-2	0-1	→	→
Quellen: [1-6]				

- Hohe spezifische Investitionen, Lebensdauer > 35 Jahre
- Derzeit liegen die Investitionskosten für PT-Anlagen ohne Speicher bei 5000 €/kW. Schätzungen für ST-Anlagen mit Speicher liegen bei 5100 €/kW

Kein Unterschied in NRW im Vergleich zur Bundesebene („o“)

12 Abhängigkeit von Infrastrukturen

- A: Realisierung hinreichend dimensionierter HGÜ-Trassen erforderlich
- B: Markteinstieg über solare Nachrüstung bestehender Heizkraftwerke/Wärmenetze

Kein Unterschied in NRW im Vergleich zur Bundesebene („o“)

13 Systemkompatibilität

Mit steigendem Anteil fluktuierender Erneuerbarer-Stromeinspeisungen wird die Fähigkeit der solarthermischen Kraftwerke, Beiträge zu Residuallastdeckung und Regelenenergie zu liefern, zunehmend wichtiger und im Markt honoriert werden.

14 Zusammenfassung

Basierend insbesondere auf dem im NRW konzentrierten Know-how von solarthermischen Kraftwerken wird die Technologie für NRW relevanter als in Gesamtdeutschland bewertet.

1.6 TFE-NRW Technologiebewertung Windenergie mit Exkurs Meeresenergie

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7046/7046_Windenergie.pdf

1 Vorbemerkung

Windenergienutzung ist ein integraler Bestandteil des Stromversorgungssystems, muss aber noch erheblich ausgebaut werden. Technologien der Windenergienutzung (Onshore/Offshore, Anlagengröße) mit unterschiedlichen Reifegraden. Einschätzung der Relevanz der öffentlichen Förderung durch separate Bewertung von vier Forschungsbereichen (Forschungsschwerpunkte der letzten Jahre):

- Windpotenzial und Standortfindung
- Anlagentechnik, Design und Produktion
- Errichtung, Betrieb und Instandhaltung
- Umweltauswirkungen und Akzeptanz

Schwerpunkt der Forschungsförderung auf Anlagentechnik, Design und Produktion und den zentralen Komponenten (z. B. Rotorblattstabilität, -aerodynamik, neue Generatorkonzepte) insbesondere unter Einbeziehung der Offshore-Herausforderungen (z. B. Gründungsstrukturen, Offshore-Lasten). Themen Errichtung, Betrieb und Instandhaltung (z. B. statistische Zuverlässigkeitsanalysen) spielten ebenfalls eine wichtige Rolle. Windpotenzial und Standortfindung (z. B. mit neuartigen LiDAR und verbesserten Windfeldmodellen) sowie Umweltauswirkungen und Akzeptanz (z. B. Schall) spielten bei der Forschungsförderung eine geringere Rolle, sind aber weiterhin wichtige supplementäre Bestandteile bei einer ganzheitlichen Windenergieforschung.

Technologische Reife: In den Themenbereichen schon erhebliche Erfolge erzielt. Forschung und Entwicklung sind so vielfältig, und Entwicklungen werden in einer solchen Detailtiefe vorangetrieben, dass eine Bewertung aller kleinteiligen Entwicklungsbedarfe und –schritte kaum vorzunehmen ist.

Kritische Anlagenkomponenten: Offshore-Gründungen, Wechselrichter, Generatoren, Getriebe und Lager, Blätter

Entwicklungsziele

- Windpotenzial und Standortfindung: Identifikation und optimale Ausnutzung geeigneter Standorte
- Anlagentechnik, Design und Produktion: Bereitstellung von technisch optimierten Anlagen
- Errichtung, Betrieb und Instandhaltung: kostenoptimale Gestaltung von Prozessen
- Umweltauswirkungen und Akzeptanz: Reduktion von Einflüssen auf das Umfeld

2 Vorlaufzeiten

Abhängig von den verschiedenen Szenarienentwicklungen und der öffentlichen Förderung ist mit einer kommerziellen Nutzung einer WEA mit 20 MW Nennleistung zu rechnen bis 2040.

Da dies nur technologiespezifisch ist, gibt es keinen Unterschied zwischen der NRW- und Bundesebene („o“).

3 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Die wichtigste Kenngröße für die Effizienz einer Windturbine ist der Leistungskoeffizient (power coefficient), der die Energieumwandlungseffizienz in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit angibt. Da die heutigen Designs schon nahe am theoretischen Optimum sind, wird sich die zukünftige Entwicklung der Offshore-Turbinen auf eine Erhöhung der Leistung fokussieren. Bei den Onshore-Turbinen geht die Entwicklung zu leiseren Maschinen, die in den Windparks enger zusammengestellt werden können. Die kontinuierliche Senkung der Installations- und Betriebskosten ist das Ziel aller Hersteller. Als typische Ein- und Ausschaltgeschwindigkeiten der Turbinen gelten Windgeschwindigkeiten von 3 m/s und 25 m/s [6].

Da dies nur technologiespezifisch ist, gibt es keinen Unterschied zwischen der NRW- und Bundesebene („o“).

4 Marktpotenziale

Technische Daten								
Technologie	Onshore				Offshore			
	2016	2020	2030	2050	2016	2020	2030	2050
Wirkungsgrad [%]	bis 45	→	→	→	bis 45	→	→	→
Verfügbarkeit [%]	> 97				92-98	→	→	→
Gesicherte Leistung [%]	5	→	→	→	5	→	→	→
Mindestlast [%]	0	→	→	→	0	→	→	→
Anlaufzeit [h]	< 0,1	→	→	→	<0,1	→	→	→
Technische Lebensdauer [Jahre]	25	→	→	→	25	→	→	→
Durchschnittliche Turbinengröße [MW]	3				4,6	→	→	→
Rotordurchmesser [m]	113	→	→	→	130	→	→	→
Bereitstellung von Regelleistung	ja	→	→	→				
CO ₂ -Faktor/Ausstoß [tCO ₂ /MWh]	0	→	→	→	0	→	→	→
Strombereitstellung [GWh], Stand 2016	66000	→	→	→	12000	→	→	→
Bestand in Deutschland [MW], Stand 2016	45911	→	→	→	4108	→	→	→
Anlagenanzahl (Turbinen) Deutschland, Stand 2016	26573	→	→	→	946	→	→	→
Bestand in NRW [MW], Stand 2015	4015	→	→	→	0	→	→	→

Quelle: Virtuelles Institut: Windenergie

Im EEG 2014 und 2017 wird ein Ausbaukorridor für Onshore-Windanlagen definiert: In den Jahren 2017, 2018 und 2019 wurden jeweils 2.800 MW und ab 2020 2.900 MW pro Jahr (brutto) ausgeschrieben.

Des Weiteren wird im EEG 2014 und 2017 ein Ausbaukorridor für Offshore-Windanlagen ab 2021 definiert: In den Jahren 2021 und 2022 ist ein Zubau von 500 MW pro Jahr und in 2023 bis 2025 von 700 MW pro Jahr vorgesehen. Ab 2026 erhöht sich der Zubau auf 840 MW pro Jahr. Für 2030 wird eine Leistung von 15.000

MW als Ziel gesetzt Im Jahr 2021 werden (wegen Netzengpässen) nur Windparks in der Ostsee bezuschlagt.

Aufgrund der geringen verfügbaren Flächen für Windenergie ist das Potenzial in NRW geringer als im Bundesdurchschnitt (-).

5 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Zahlen für Deutschland

- Gegenüber Referenztechnologie sehr geringe spezifische THG-Emission (Onshore-WEA CO₂-Äquivalent von ~8 g pro kWh, Offshore-WEA ~5 g/kWh), welche kaum weiter gesenkt werden können
- Gegenüber der Referenz können jährlich mehr als 50 Mio. t CO₂ eingespart werden. Im Jahr 2050 kann die Einsparung auf jährlich über 300 Mio. t ansteigen.

Aufgrund der geringen verfügbaren Flächen für Windenergie ist das Potenzial in NRW geringer als im Bundesdurchschnitt (-).

6 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

- Die installierte Kapazität in NRW betrug Ende 2016 über 4,7 GW mit einem Anteil von rund 4 % am NRW Stromerzeugungsmix.
- Primärmaterialaufwand pro kWh deutlich unter der Referenz – Im Jahr 2050 können in Deutschland mehr als 1.000 PJ Primärenergie eingespart werden.

Aufgrund der geringen verfügbaren Flächen für Windenergie ist das Potenzial in NRW geringer als im Bundesdurchschnitt (-).

7 Kosteneffizienz

- Stromgestehungskosten über Referenzwert, Kosteneinsparungspotenziale durch Kostendegression
- Insbesondere Offshore mit hohem Kostensenkungspotenzial

Da dies im Wesentlichen technologiespezifisch ist, gibt es keinen Unterschied zwischen der NRW- und Bundesebene („o“).

8 NRW Wertschöpfung

- Weltweite Know-how-Führerschaft der deutsche Windindustrie
- Aktueller Marktanteil deutscher Hersteller von ca. 70 % in Deutschland (2012-2016) und international ca. 20 % (2015) und 140.000 Beschäftigte in der deutschen Windindustrie
- Die direkte Wertschöpfung in Deutschland betrug im Jahr 2012 ca. 4,5 Mrd. €
- In NRW gibt es zwar keinen Windanlagenbauer, aber bei Getrieben für Windenergieanlagen hat NRW eine führende Rolle.

Im bundesweiten Vergleich hat hier NRW eine gleiche oder etwas höhere Relevanz („o“ bis „+“)

9 Stand und Trends von F&E

9.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Windenergie (ohne Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Im Bereich der Windenergie erhalten Bremen und Niedersachsen die meisten Mittel. NRW folgt erst auf Platz 6. In den letzten Jahren wurden etwa 100 Windenergievorhaben pro Jahr in NRW gefördert.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	78 (von 846)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	5
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	43,5 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	6
	Anzahl von Projekte über 1 Mio. EUR	12
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	0,24 (Bremen 31,36)
Bewertung		o (Platz 11)

9.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Aus NRW fließen im Ländervergleich die drittmeisten Mittel in den Bereich Windenergie; Hamburg und Bremen sind hier Spitzenreiter in 2018. Die Mittel für die Windenergie machen einen Anteil von 4,1% an den gesamten Energie-relevanten Fördermitteln aus NRW aus.

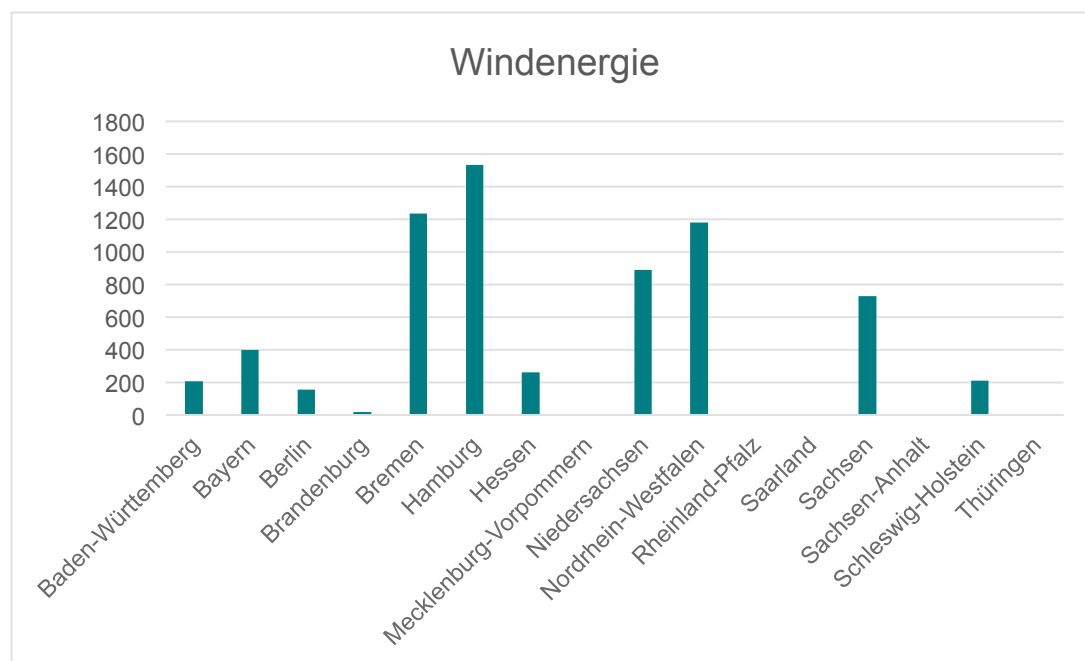


Abbildung 3 F&E Mittel der Bundesländer im Bereich Wind (in Tsd. EUR)

Quelle: eigene Darstellung basierend auf PtJ (2020)⁶

9.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich der Windenergie bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern nur exemplarische Akteure umfassen:

⁶ Projektträger Jülich (2020): Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Länder im Jahr 2018.

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR)
	Universität Duisburg
	Ruhr-Universität Bochum
	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen - Center for Wind Power Drives
	Fachhochschule Aachen - Fachbereich Luft- und Raumfahrttechnik
	Windwise GmbH, Münster
Verbände / Netzwerke	Cluster Energieforschung NRW (CEF.NRW), Düsseldorf
	Landesverband NRW im Bundesverband WindEnergie (BWE) mit Regionalverbänden: Münsterland, Paderborn-Höxter-Lippe, Südwestfalen, Rheinland, Metelen, Paderborn, Olsberg, Köln
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	✓ Kein klassisches Netzwerk der Energieagentur vorhanden, aber durch die Plattform „Fach.Info Windenergie“ ⁷ ist ein Informations- und Beratungsangebot vorhanden. Zudem werden Netzwerke u.a. durch das IWR und durch die WindRegion Münsterland umgesetzt.

9.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- Belastungen an den Antriebskomponenten von Windenergieanlagen (FVA-Gondel); Teilvorhaben: Versuchsbasierte Validierung von Modellen zur Berechnung lokaler Lasten
- Wartungs- und Instandhaltungsplattform für Windenergieanlagen (SMART2); Teilvorhaben: Entwicklung, Bau, Test und Zertifizierung eines Prototyps im Maßstab 1:1 für eine 2,5 MW WEA
- Entwicklung eines ökologisch und ökonomisch optimierten Gründungssystems für Offshore-Windenergieanlagen (Sealence); Teilvorhaben: Lärmarmes Verankerungs- und Installationskonzept und Prototypentest

Exkurs: Meeresenergie

Im gesamten Bundesgebiet wurden lediglich sechs Projekte im Bereich Meeresenergie durch Bundesmittel gefördert. Projekthinhalte waren u. a.:

- Entwicklung einer bidirektionalen Luftturbine radialer Bauart (ausführende Stelle war die Universität Siegen (Fakultät IV - Department Maschinenbau - Lehrstuhl für Technische Thermodynamik))

⁷ https://www.energieagentur.nrw/windenergie/windenergie_nrw

9.5 Gesamtbewertung F&E

Bei diesem Technologiefeld ist bei der Aufstellung der Forschungslandschaft kein Unterschied („o“) zum Bundesdurchschnitt festzustellen, bei der Höhe der F&E Mittel hat NRW jedoch eine höhere Bedeutung („+“) im Vergleich zum im Bundesdurchschnitt:

- Die Forschungslandschaft ist zwar u.a. durch das Center for Windpower in Aachen gut aufgestellt, allerdings im Vergleich zu anderen Bundesländern nicht deutlich stärker.
- Die Fördermittel des Bundes fließen in erster Linie in norddeutsche Länder, jedoch argumentieren die ExperInnen, dass auch in NRW relevante Forschung betrieben wird (Dienstleistungen), z.B. durch e.on/innogy.

10 Gesellschaftliche Akzeptanz

- Die Akzeptanz für die Technologien Onshore- und Offshore-Windenergie ist je nach Ebene (Markt, Gesellschaft, lokal) unterschiedlich hoch.
- Insgesamt wird die Windenergie von einer großen Mehrheit der Gesellschaft als positiv angesehen.
- Die lokale Akzeptanz der Windenergie an Land beinhaltet das größte Konfliktpotenzial.

Aufgrund der dichten Besiedlung in NRW wird die Akzeptanz etwas niedriger eingeschätzt als bundesweit („-“)

11 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

- Durch den Einsatz der Windenergie werden Strukturen nur über relativ kurze Zeiträume gebunden und haben daher eine kurze Pfadabhängigkeit.
- Offshore Windparks weisen längere Zeiträume von Beginn der Planungszeit bis zur Inbetriebnahme auf, haben aber trotzdem eine geringe Pfadabhängigkeit.

Da dies im Wesentlichen technologiespezifisch ist, gibt es keinen Unterschied zwischen der NRW- und Bundesebene („o“).

12 Abhängigkeit von Infrastrukturen

- Zunehmende Ausbau an Land macht einen Ausbau der bestehenden Netzinfrastuktur notwendig.
- Für Erreichbarkeit von Standorten sind Infrastrukturen notwendig (z. B. Zuwegung, Transportschiffe).

Da in NRW in Zukunft nur wenige Windenergieanlagen neu gebaut werden und ein leistungsfähiges Netz vorhanden ist, wird die Abhängigkeit von Infrastrukturen niedriger eingeschätzt als bundesweit („-“).

13 Systemkompatibilität

- Die wichtigsten technischen bzw. systemischen Herausforderungen bestehen in der notwendigen Umstrukturierung der elektrischen Netze (Transformation der Verteilnetze von reinen Versorgungsnetzen hin zu bidirektionalen Leistungsflüssen, Netzausbau zum Transport von Windenergie zu geographisch weit entfernten Verbrauchszentren).

- Schwankende Einspeiseleistung der Windenergie und die begrenzte Genauigkeit der Leistungsvorhersage verursachen einen zusätzlichen Bedarf an Regelleistung.

14 Zusammenfassung

Insgesamt wird für das Technologiefeld kein Unterschied zwischen NRW und Gesamtdeutschland gesehen.

1.7 TFE-NRW Technologiebewertung Umweltwärme

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7047/7047_Umweltwaerme.pdf

1 Vorbemerkung

Das Technologiefeld Umweltwärme lässt sich in drei Systemebenen gliedern: Wärmesenken und -quellen, Energiewandler (Wärmepumpen und Kältemaschinen) sowie deren systemische Integration.

Folgende vier Technologien sind damit verbunden:

- T1: Oberflächennahe Geothermie und Erschließung von Luft
- T2: elektrische Wärmepumpen und Kälteerzeuger mit Komponenten Kältemittelkreis, Verdichter
- T3: Gas-Sorptionswärmepumpen
- T4: Systemintegration

2 Vorlaufzeiten

Die Grundtechnologien sind zum größten Teil seit vielen Jahren bekannt und im Markt eingeführt. Weiterentwicklungen, die z. B. durch den Einsatz neuer Wärmeträgermedien oder Kältemittel notwendig werden, können aber durchaus noch Vorlaufzeiten von 5 bis 10 Jahren verursachen, da durch den Einsatz unter stark veränderten Druckbedingungen neue Werkstoffe und Fertigungsverfahren eingesetzt werden müssen.

Da die Vorlaufzeiten zum größten Teil technologiespezifisch sind, ergibt sich hier kein Unterschied in NRW zur Bundesperspektive („o“).

3 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Da die F&E-Risiken zum größten Teil technologiespezifisch sind, ergibt sich hier kein Unterschied in NRW zur Bundesperspektive („o“).

4 Marktpotenziale

Da die Siedlungsstruktur und die erschließbaren Wärmepotenziale durchschnittlich sind, ist das Potenzial vergleichbar mit dem Bundesdurchschnitt („o“).

5 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Da die Siedlungsstruktur und die Potenziale im Durchschnitt in NRW vergleichbar zu Gesamtdeutschland sind, ergibt sich hier kein Unterschied („o“).

6 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

Da die Siedlungsstruktur und die Potenziale im Durchschnitt in NRW vergleichbar zu Gesamtdeutschland sind, ergibt sich hier kein Unterschied („o“).

7 Kosteneffizienz

Da die Siedlungsstruktur und die Potenziale im Durchschnitt in NRW vergleichbar zu Gesamtdeutschland sind, ergibt sich hier kein Unterschied („o“).

8 NRW Wertschöpfung

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und der deutschlandweiten Einschätzung gesehen, da der Maschinen- und Anlagenbau breit gestreut sind (*zur Vertiefung Firmenanalyse nötig*) („o“).

9 Stand und Trends von F&E

9.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Wärmepumpe (+Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Da bei der enArgus Datenbank der Begriff Umweltwärme nicht verschlagwortet ist, wurde bei der Auswertung der Bundesmittel lediglich der Begriff Wärmepumpe verwendet. Die Analyse bildet entsprechend nur einen Ausschnitt des Technologiefeldes.

Hinsichtlich der bewilligten Mittel im Bereich der Umweltwärme führen Baden-Württemberg, Bayern und Sachsen das Feld an. NRW folgt erst auf dem vierten Platz.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	59 (von 387)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	3
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	25,9 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	4
	Anzahl von Projekte über 1 Mio. EUR	5
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	0,05 (Baden-Württemberg 0,46)
Bewertung		o (Platz 9)

9.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Es liegen keine konkreten Daten vor.

9.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich der Umweltwärme bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern nur exemplarische Akteure umfassen:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Geowissenschaften
	Vaillant GmbH – IRIT, Remscheid
	RWTH Aachen - E.ON Energy Research Center - Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik
	Universität Paderborn - Fakultät für Maschinenbau

	Innovationszentrum Wiesenbusch
	Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG (ehemals International Geothermal Centre Bochum), Bochum
	Geophysica GmbH, Aachen
	Fachhochschule Lippe und Höxter, Fachbereich Umweltingenieurswesen
Verbände / Netzwerke	Bundesverband der deutschen Heizungsindustrie, Köln
	Fachverband Elektro- und Informationstechnische Handwerke NRW, Dortmund
	Fachverband Sanitär Heizung Klima Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf
	Innovationszentrum Wiesenbusch, Gladbeck
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	✓ Netzwerk Geothermie

9.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- EnOB: RENBuild - Entwicklung und Monitoring eines Gesamtsystems zur kombinierten regenerativen Versorgung von Gebäuden mit Wärme, Kälte, Strom und Frischluft
- GeoZert - Aufbau eines mehrstufigen akademisches Zertifikats- und Bildungsprogrammes „Geothermische Energiesysteme“ für Zielgruppen mit unterschiedlichen zeitlichen Zugängen und Abschlüssen an der Hochschule Bochum
- Multivalent seasonal geothermal cold supply. Entwicklung einer Demonstrationsanlage zur Bereitstellung von etwa 1,2 MW Kälte bei einer Temperatur von 18 °C. Förderprogramm: Klimaschutzwettbewerb EnergieSystemWandel

9.5 Gesamtbewertung F&E

Diesem Technologiefeld kommt sowohl bei der Aufstellung der Forschungslandschaft als auch bei der Höhe der F&E Mittel keine höhere Bedeutung („o“) zu als im Bundesdurchschnitt:

- Auch wenn einige Projekte in NRW umgesetzt werden, so gibt es sonst keine Hinweise, dass hier einen Schwerpunkt in NRW gibt. Auch aus den ExpertInnen-Gesprächen gibt es keine Anhaltspunkte, die Relevanz höher einzustufen.

10 Gesellschaftliche Akzeptanz

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und der deutschlandweiten Einschätzung gesehen, da die Technologie nicht sehr sichtbar ist. Evtl. kann es mal Probleme mit der Lautstärke der WP geben („o“).

11 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und der deutschlandweiten Einschätzung gesehen, da technologiespezifisch („o“).

12 Abhängigkeit von Infrastrukturen

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und der deutschlandweiten Einschätzung gesehen, da keine besonderen Infrastrukturen notwendig sind („o“).

13 Systemkompatibilität

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und der deutschlandweiten Einschätzung gesehen, da technologiespezifisch („o“).

14 Zusammenfassung

Insgesamt wird für das Technologiefeld kein Unterschied zwischen NRW und Gesamtdeutschland gesehen.

2.1 TFE-NRW Technologiebewertung Zentrale Großkraftwerke

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7048/7048_Grosskraftwerke.pdf

1 Vorbemerkung

Im Technologiefeld „Zentrale Großkraftwerke“ werden folgende Technologien betrachtet:

- Zentrale Großkraftwerke
- Dezentrale Kraftwerke (Brennstoffzellen)
- Dezentrale Kraftwerke (Motoren und Turbinen)

2 Vorlaufzeiten

Die Einschätzung des Kriteriums „Vorlaufzeiten“ kann auch für NRW übernommen werden („o“).

3 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Bei der konventionellen Kraftwerkstechnik (Kohleverbrennung, GuD, Gasturbinen) handelt es sich um etablierte, sehr ausgereifte Marktprodukte. Die Einschätzung für die Bundesebene ist ähnlich zu NRW („o“).

4 Marktpotenziale

Das Kriterium „Marktpotenzial“ wird für NRW ähnlich wie für die Bundesebene eingestuft. Kohlekraftwerke werden nicht mehr neu gebaut, ggf. wenige Gaskraftwerke mit erhöhtem Wirkungsgrad („o“).

5 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Das Kriterium „Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen“ wird für NRW als wesentlich relevanter („++“) als für die Bundesebene eingestuft, da der Kohleausstieg NRW wesentlich stärker betrifft als andere Bundesländer.

6 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

Das Kriterium „Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz“ wird für NRW als wesentlich relevanter („++“) als für die Bundesebene eingestuft, da der Kohleausstieg NRW wesentlich stärker betrifft als andere Bundesländer.

7 Kosteneffizienz

Bei der Bewertung des Kriteriums „Kosteneffizienz“ gibt es keine deutliche Abweichung in NRW zu der Situation in Deutschland („o“), da nur geringe Kosteneinsparung durch Zubau effizienterer Gaskraftwerke möglich sind.

8 NRW Wertschöpfung

Die zukünftige Wertschöpfung in NRW wird relevanter („+“) als für die Bundesebene eingestuft, weil die Komponentenhersteller in NRW stärker repräsentiert sind. Besonders hat die Turbinensparte einen sehr wichtigen Stellenwert. Auch in Forschung

und Entwicklung spielen Unternehmen aus NRW eine überdurchschnittlich wichtige Rolle: ungefähr ein Drittel der Mitglieder in der Verbundforschung für Turbomaschinen (AG Turbo) hat seinen Sitz in NRW (Quelle: Expertenworkshop am 29.04.2020).

9 Stand und Trends von F&E

9.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Kohlegefeuertes Kraftwerk / Gaskraftwerk (+Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Für Kohlekraftwerke erhielt NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern die meisten Mittel und konnte die meisten Vorhaben realisieren. Obwohl NRW im Bereich der Gaskraftwerke noch nahezu die gleiche Anzahl an Projekten umsetzen konnte wie Baden-Württemberg, erhielt das süddeutsche Bundesland mehr Mittel als alle anderen Bundesländer zusammen.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	Kohle: 29 (von 83) Gas: 54 (264)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	Kohle: 1 Gas: 2
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	Kohle: 15,3 Mio. Gas: 24,2 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	Kohle: 1 Gas: 2
	Anzahl von Projekte über 1 Mio.	Kohle: 4 (11) Gas: 7 (36)
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	Kohle: 0,09 (Brandenburg 0,17) Gas: 0,13 (Schleswig-Holstein 0,44)
Bewertung		Kohle: + (Platz 4) Gas: o (Platz 10)

9.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Es liegen keine konkreten Daten vor.

9.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich der zentralen Großkraftwerke bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern nur exemplarische Akteure umfassen:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Uni Duisburg Essen – Lehrstuhl für Umweltverfahrens- und Anlagentechnik
	RWE Power Aktiengesellschaft - Forschung und Entwicklung - Kraftwerkskonzepte, Essen
	Siemens Aktiengesellschaft - Power & Gas, Mülheim
	Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe, Duisburg
	Steag, Essen
Verbände / Netzwerke	Zukunftsagentur Rheinisches Revier, Jülich
	Rhein Ruhr Power e.V., Düsseldorf
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	✓ Netzwerk Kraftwerkstechnik

9.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- Unterstützung von multidisziplinären Engineering-Prozessen im Kraftwerksbau
- Pre-Engineering Studie: Das flexible Kraftwerk der Zukunft
- FLEXI-TES: Flexibilisierung von Kraftwerken mit thermischen Energiespeichern (Projektleitung: DLR e.V.)
- Betrieb der CO₂-Wäsche-Pilotanlage zur weiteren Erprobung eines neuen optimierten Lösungsmittels unter realen Betriebsbedingungen an einem braunkohle-gefeuerten Kraftwerk
- Verbundvorhaben: BlockcENtive - Disruptive Veränderungen in der Energiewirtschaft durch Blockchain-Technologie; Teilvorhaben: Grundlegende Evaluation der Anwendung der Blockchain-Technologie im Gassektor ' Untersuchung von Anforderungen, Szenarien und Schnittstellen
- AG Turbo Projekte

9.5 Sonstiges

- Der Verein „Rhein Ruhr Power“ hat das Ziel, den „flexiblen, hocheffizienten und CO₂-armen „Kraftwerk der Zukunft““ fortzuentwickeln. Dazu soll die Förderung von Forschung und Qualifizierung gezielt gefördert werden. Zu den Mitgliedern zählen Energieversorgungsunternehmen, Industrievertreter, Forschungseinrichtungen und Hochschulen sowie Verbände und Kammern: <https://rhein-ruhr-power.net/verein-2/mitglieder-2/>.

9.6 Gesamtbewertung F&E

Diesem Technologiefeld kommt sowohl bei der Aufstellung der Forschungslandschaft als auch bei der Höhe der F&E Mittel keine höhere Bedeutung („o“) zu als im Bundesdurchschnitt:

- Auch wenn Kohlekraftwerke in NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern die meisten Mittel und die meisten Vorhaben realisieren konnte, so wird gerade für die Zukunft von den ExpertInnen keine Perspektive gesehen. Die Mittel des Landes sind überschaubar.

10 Gesellschaftliche Akzeptanz

Akzeptanz ähnlich zu Bundesebene („o“).

11 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Da sich die Indikatoren nur auf das Technologiefeld beziehen und unabhängig von den Infrastrukturen sind, gibt es keine Abweichung bei der Einschätzung zwischen NRW und Deutschland („o“).

12 Abhängigkeit von Infrastrukturen

Das Kriterium „Abhängigkeit von Infrastrukturen“ wird für NRW ähnlich wie für die Bundesebene eingeschätzt („o“), weil die Bewertung nur technologiespezifisch ist.

13 Systemkompatibilität

Kein Unterschied zur Bundesebene („o“), weil die Bewertung nur technologiespezifisch ist.

14 Zusammenfassung

Wegen der insgesamt abnehmenden Bedeutung wird die Technologie für NRW als nicht relevanter als für Gesamtdeutschland bewertet.

2.2a TFE-NRW Technologiebewertung Dezentrale Kraftwerke (Brennstoffzellen)

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7049/7049_Dezentrale_Kraftwerke.pdf

1 Vorbemerkung

Im Technologiefeld „Dezentrale Kraftwerke“ werden hier folgende Technologien betrachtet:

- Mikro-KWK (mit PEFC und SOFC) bis 5 kW, basierend auf Erdgas
- BHKW, dezentrale Stromversorgung (mit PEFC, MCFC und SOFC) bis einige MW, basierend auf Erdgas (optional Biogas, Wasserstoff)

2 Vorlaufzeiten

Vergleichbar mit der Bundesebene („0“).

3 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Vergleichbar mit der Bundesebene („0“).

4 Marktpotenziale

Dezentrale Kraftwerke auf Basis von Brennstoffzellen können Großkraftwerke ersetzen und durch Dezentralisierung Netzengpässe vermeiden. Zusätzlich können sie die Versorgungssicherheit durch über H₂ gewährleisten.

Vaillant gibt für Deutschland ein Gesamtvolumen von 2 Mio. Heizgeräten pro Jahr an (Stand 2000). Somit ergibt sich unter den Annahmen 0,7 kW Systemleistung und 4.000 Volllastbetriebsstunden pro Jahr ein Marktpotenzial von 5,6 TWh.

Da keine Zahlen zum möglichen Marktanteil bei KWK-Anlagen verfügbar sind, wird für BZ-Anlagen, nach einer Vorlaufphase bis 2020 mit geringem Anteil, von folgenden steigenden Anteilen (jährliche Steigerung 15 %) ausgegangen, um Aussagen über den Effekt bzgl. Einsparungen und Marktvolumen machen zu können (Basis ist der jährliche Zubau an BHKW-Anlagen analog zu 2014):

2020: 1 % = 0,03 TWh; das entspricht 57 Anlagen à 100 kW 2030: 4 % = 0,14 TWh; das entspricht 229 Anlagen à 100 kW 2040: 16 % = 0,56 TWh; das entspricht 927 Anlagen à 100 kW 2050: 66 % = 2,25 TWh; das entspricht 3.752 Anlagen à 100 kW

Bei 1.500 €/kW entspräche dies in 2050 einem Umsatz von ca. 563 Mio. €.

Insgesamt wird die Bedeutung für NRW als leicht überdurchschnittlich angesehen („0/+“).

5 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Vergleichbar mit der Bundesebene oder leicht überdurchschnittlich („0/+“).

6 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

Vergleichbar mit der Bundesebene oder leicht überdurchschnittlich („0“ bis „+“).

7 Kosteneffizienz

Vergleichbar mit der Bundesebene („0“).

8 NRW Wertschöpfung

Laut der VDMA Arbeitsgemeinschaft Brennstoffzellen sind in Deutschland für 2017 folgende Zahlen zu erwarten: 190 Millionen Euro Umsatz aus der Produktion von Brennstoffzellen 90 Prozent Umsatzwachstum gegenüber dem Vorjahr 1.600 Arbeitsplätze in der deutschen Brennstoffzellen-Industrie 5.000 stationäre Brennstoffzellen aus Fertigung in Deutschland. Der NRW-Anteil wird proportional zur Einwohnerzahl mit 22 % abgeschätzt, daher kein Unterschied von NRW im Vergleich zur Bundesebene („0“).

9 Stand und Trends von F&E

9.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Mikro KWK mit Brennstoffzellen (+Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Im Bereich Mikro-KWK erhält Baden-Württemberg bei weitem die meisten Mittel vom Bund. NRW nutzt die wenigen Mittel für vglw. viele Vorhaben.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	4 (von 22)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	2
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	414.000
	Platzierung NRW im Ländervergleich	5
	Anzahl von Projekte über 1 mio. EUR	0 (3)
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	0,00 (Berlin 0,04)
Bewertung		+ (Platz 6)

9.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Hinsichtlich der Mittel, die Bundesländer im Bereich Brennstoffzellen aufwenden, befindet sich NRW auf dem Spitzenplatz in 2018. Die von NRW investierte Summe entsprach etwa 10,6% der gesamten Fördermittel aus NRW für Energie-relevante Forschung.

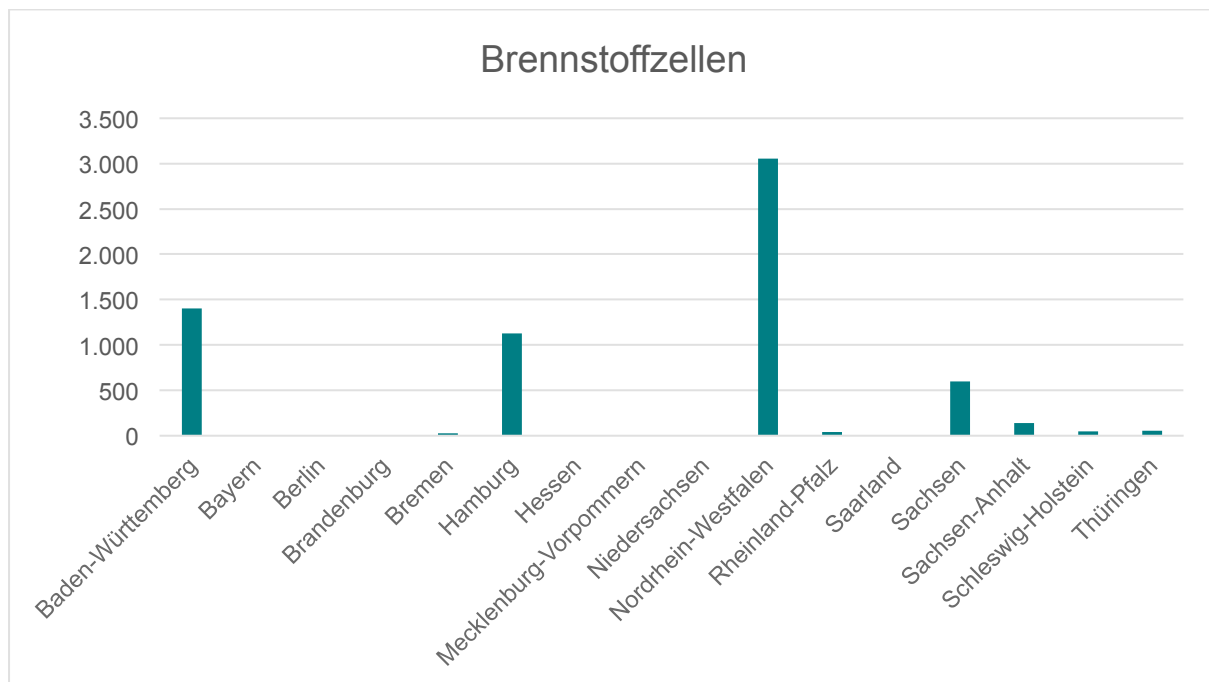


Abbildung 4 F&E Mittel der Bundesländer im Bereich Brennstoffzellen (in Tsd. EUR)
 Quelle: eigene Darstellung basierend auf PtJ (2020)⁸

9.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich der dezentralen Kraftwerke bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern nur exemplarische Akteure umfassen:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Zentrum für Brennstoffzellen Technik ZBT, Duisburg
	Forschungszentrum Jülich - Elektrochemische Verfahrenstechnik
	Primagas Energie GmbH & Co. KG, Krefeld
	Universität Duisburg-Essen – Lehrstuhl für Energietechnik, Lehrstuhl für Energiewirtschaft, Lehrstuhl für Umweltverfahrenstechnik und Anlagentechnik
	Gas- und Wärme-Institut Essen e. V.
	Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe GmbH, Duisburg
	Fachhochschule Köln
	H2 Anwenderzentrum Herten
	Westfälische Hochschule Gelsenkirchen
	Solid Power
	2G (H2-Gasmotoren)

⁸ Projektträger Jülich (2020): Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Länder im Jahr 2018.

	Virtuelles Institut KWK.NRW
Verbände / Netzwerke	Rhein-Ruhr-Power e.V., Düsseldorf
	Cluster Energieforschung NRW (CEF.NRW), Düsseldorf
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Netzwerk Brennstoffzellen und Wasserstoff, Elektromobilität ✓ Netzwerk Kraftwerkstechnik

9.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- LPG-mKWK Entwicklung eines hocheffizienten, kompakten Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungs-Brennstoffzellenheizgeräts (BZHG) auf Basis des Brennstoffs LPG (Liquefied Petroleum Gas, Flüssiggas) zur Hausenergieversorgung; Teilvorhaben: Systementwicklung, LPG-Infrastruktur und Haustechnik
- Virtuelles Institut Strom-zu-Gas-und-Wärme (Gas- und Wärme-Institut Essen e.V., Energiewirtschaftliche Institut an der Universität zu Köln)
- Virtuelles Institut KWK.NRW (aktuelles Projekt KWK.NRW4.0)
- Demonstration 100-kW-BZ-KWK-System am Zentrum für Brennstoffzellentechnik
- 100 KWK-Anlagen in Bottrop sowie KWK plus Speicher (Projektleitung: Gas- und Wärme- Institut Essen e.V))
- Hybrid-Cycle (Projektleitung: Gas- und Wärme- Institut Essen e.V)
- Wasserstoff-BHKW (Projekt der 2G Energy AG)
- Kampagne KWK.NRW – Strom trifft Wärme der Energieagentur NRW, Düsseldorf

9.5 Gesamtbewertung F&E

Bei diesem Technologiefeld ist bei der Aufstellung der Forschungslandschaft kein Unterschied („o“) zum Bundesdurchschnitt festzustellen. Bei der Höhe der F&E Mittel dagegen kommt diesem Technologiefeld in NRW eine höhere Bedeutung („+“) gegenüber dem Bundesdurchschnitt zu.

- Es fließen vergleichsweise viele Mittel nach NRW.
- NRW investiert im Vergleich zu den meisten anderen Bundesländern viel in die Technologie, wobei der Anteil an den Gesamtforschungsausgaben in 2017 relativ gering war
- Während des ExpertInnen-Gesprächs wurde zwar die Relevanz des Forschung (insbesondere durch das ZBT Duisburg) betont, allerdings keine herausragende Rolle im Vergleich zu anderen Bundesländern gesehen

10 Gesellschaftliche Akzeptanz

Vergleichbar mit der Bundesebene („o“).

11 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Vergleichbar mit der Bundesebene („o“).

12 Abhängigkeit von Infrastrukturen

Vergleichbar mit der Bundesebene („o“).

13 Systemkompatibilität

Vergleichbar mit der Bundesebene („O“).

14 Zusammenfassung

Insgesamt wird für das Technologiefeld kein wesentlicher Unterschied zwischen NRW und Gesamtdeutschland gesehen.

2.2b TFE-NRW Technologiebewertung Dezentrale Kraftwerke (Motoren und Turbinen)

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7050/7050_Dezentrale_Kraftwerke.pdf

1 Vorbemerkung

Im Technologiefeld „Dezentrale Kraftwerke“ werden hier folgende Technologien betrachtet:

- Dezentrale Kraftwerke, insbesondere Blockheizkraftwerke (BHKW) mit einer el. Leistung < 10 MW mit Gasmotor und mit Mikrogasturbine (MGT) (konventionelle & hybride Anlagenkonzepte)

2 Vorlaufzeiten

Vergleichbar mit der Bundesebene („o“).

3 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Vergleichbar mit der Bundesebene („o“).

4 Marktpotenziale

Der Anteil der in NRW installierten Anlagen ist größer als der Anteil an der deutschen Bevölkerung (22 %), siehe Tabelle.

GASTURBINEN UND GAS-UND-DAMPF-KRAFTWERKE								
Technische Daten								
Technologie	Gasturbinen (Open Cycle Gas Turbine - OCGT)				Gas-und-Dampf Kraftwerk (Combined Cycle Gas Turbine - CCGT)			
	2017	2020	2030	2050	2017	2020	2030	2050
Wirkungsgrad [%]	34-46	→	→	→	54-60	→	→	→
Verfügbarkeit [%]	85-90	→	→	→	85-91	→	→	→
Eigenverbrauch [%]	1-3				1,5-5			
Lasttransient [%/min]	8-20	→	→	→	2-8	→	→	→
Mindestlast [%]	0-30	→	→	→	15*-50	→	→	→
Anlaufzeit (warm) [h] **	0,1-1	→	→	→	1-4	→	→	→
Technische Lebensdauer [Jahre]	25-30	→	→	→	25-40	→	→	→
Typische Anlagengröße [MW]	100***-400	→	→	→	100-900****	→	→	→
CO ₂ -Faktor [tCO ₂ /MWh]	0,44-0,55	→	→	→	0,32-0,33	→	→	→
Bestand in Deutschland [MW]	1917*****	→	→	↗	17960	→	→	→
Bestand in NRW [MW]	610*****	→			7281	→		

Es wird in Studien für Deutschland erwartet, dass der Anteil der Stromerzeugung der BHKWs an dem gesamten durch KWK-Anlagen erzeugten Strom im Jahr 2020 von

ca. 27,4 % auf 31 % (2030) und 32,89 % bis auf 34 %, bezogen auf den Minimalwert der angenommenen Stromerzeugung steigt. Im Vergleich zu den aktuellen Werten der Stromerzeugung bedeutet dies eine moderate Steigerung des Anteils der durch BHKWs erzeugten Strommenge.

Die wachsenden Marktpotenziale werden zwar regional nicht aufgelöst, die Expertengespräche haben aber Hinweise auf eine überdurchschnittliche Bedeutung für NRW hingewiesen.

Insgesamt wird die Bedeutung für NRW daher als leicht überdurchschnittlich angesehen (+).

5 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Vergleichbar mit der Bundesebene („o“).

6 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

Vergleichbar mit der Bundesebene („o“).

7 Kosteneffizienz

Vergleichbar mit der Bundesebene („o“).

8 NRW Wertschöpfung

Vorprojekt: Die inländische Wertschöpfung durch inländische Nachfrage und Export kann auf Basis der verkauften BHKW-Module ohne Installation und Wartung aktuell auf über 500 Mio. € geschätzt werden.

Im Gegensatz zum zukünftigen nationalen Absatzmarkt gehen zahlreiche deutsche Hersteller insbesondere aufgrund der zu erwartenden Erhöhung der BHKW-Anlagen in Europa sowie weltweit von einer deutlichen Steigerung im zweistelligen Bereich im Export in den nächsten Jahren aus. Eine genaue Prognose kann wegen fehlender Informationen aber nicht gegeben werden.

Die wachsenden Marktpotenziale werden zwar regional nicht aufgelöst, die Expertengespräche haben aber Hinweise auf eine überdurchschnittliche Bedeutung für NRW hingewiesen.

Insgesamt wird die Bedeutung für NRW daher als leicht überdurchschnittlich angesehen (+).

9 Stand und Trends von F&E

9.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Gasmotor / Mikrogasturbine (+Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Im Bereich Gasmotoren erscheinen Baden-Württemberg und Sachsen führend. Es folgt NRW. Auch im Bereich der Mikrogasturbinen ist Baden-Württemberg führend bei der Summe der Forschungsmittel.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	Gasmotoren: 25 (von 163) Mikrogasturbinen: 9 (46)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	Gasmotoren: 3 Mikrogasturbinen: 2
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	Gasmotoren: 12,6 Mio. Mikrogasturbinen: 2 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	Gasmotoren: 3 Mikrogasturbinen: 3
	Anzahl von Projekte über 1 Mio. EUR	Gasmotoren: 4 (20) Mikrogasturbinen: 4 (21)
	Fördermittel pro Einwohner	Gasmotoren: 0,07 (Sachsen 0,47) Mikrogasturbinen: 0,01 (Brandenburg 0,20)
Bewertung		Gasmotoren: o (Platz 8) Mikrogasturbinen: + (Platz 6)

9.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Es liegen keine konkreten Daten vor.

9.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich der Motoren und Turbinen bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern nur exemplarische Akteure umfassen:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	RWTH Aachen
	Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA), Duisburg
	Forschungszentrum Jülich GmbH - Zentralinstitut für Engineering, Elektronik und Analytik / Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK)
	WEISSGERBER engineering GmbH, Dortmund
	MAN Energy Solutions SE, Oberhausen
	Siemens Aktiengesellschaft - Power & Gas, Mülheim
Verbände / Netzwerke	
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	✓ Netzwerk Kraftwerkstechnik

9.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

Gasmotoren

- HoLeGaMo: Erforschung und Entwicklung eines effizienten Hochleistungs-Gasmotors für den industriellen Einsatz in stationären und in stationären Anwendungen
- TRAP-ROK: Zeitaufgelöste In-situ Röntgen-Photoelektronenspektroskopie (TR-AP-XPS) zur Analyse des RedOx Verhaltens katalytischer Materialien

(Mikro-)Gasturbinen

- OPTISYSKOM – Optimierung der Prozesse und Systeme sowie der Lebensdauer der Gesamtanlage und ihrer Komponenten
- Nachhaltiges dezentrales Holzvergaserkraftwerk mit gekoppelter Mikrogasturbine (DeHoGas)
- Hyflexpower: Wasserstoff-Gasturbine (Projektleitung: Siemens)

9.5 Gesamtbewertung F&E

Diesem Technologiefeld kommt sowohl bei der Aufstellung der Forschungslandschaft als auch bei der Höhe der F&E Mittel eine höhere Bedeutung („+“) zu als im Bundesdurchschnitt.

- Während des ExpertInnen-Gesprächs wurde die hohe Summe an Fördergeldern aus NRW betont sowie die Relevanz des Technologiefeldes.
- Bei Gasturbinen konnte NRW laut enArgus die meisten vom Bund geförderten Projekte umsetzen und erhielt dafür nach Baden-Württemberg die meisten Mittel.

10 Gesellschaftliche Akzeptanz

Vergleichbar mit der Bundesebene („0“).

11 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Gasturbinen sind durch vergleichsweise geringe Investitionskosten von 380-800 €/kW gekennzeichnet und stellen damit eine attraktive Option dar, zu geringen Kapitalkosten kurzfristig gesicherte Leistung bereitstellen zu können. Da Gasturbinen bisher, aufgrund hoher Brennstoffkosten, nur als Lastspitzen-Kraftwerke Verwendung finden, beläuft sich die installierte Kapazität in Deutschland auf geringe 3.2 GW und in NRW auf 0.6 GW. Ihr Beitrag am Strommix fällt daher sehr klein aus.

Insgesamt ist hier NRW vergleichbar mit der Bundesebene („0“).

12 Abhängigkeit von Infrastrukturen

Vergleichbar mit der Bundesebene („0“).

13 Systemkompatibilität

Vergleichbar mit der Bundesebene („0“).

14 Zusammenfassung

Basierend insbesondere auf den in NRW F&E-Aktivitäten von dezentralen Kraftwerken wird die Technologie für NRW relevanter („+“) als für Gesamtdeutschland bewertet.

2.3 TFE-NRW Technologiebewertung CO₂-Abscheidung und Speicherung

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7051/7051_CCS.pdf

1 Vorbemerkung

Im Folgenden werden betrachtet

- A: CO₂-Abscheidung in Kraftwerken
- B: CO₂-Abscheidung in Industrieanwendungen
- C: CO₂-Speicherung

2 Vorlaufzeiten

Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung (weder kommerzielle Inbetriebnahme einer CO₂-Abscheideanlage in der Industrie vor 2040, noch eines Speichers vor 2040) („0“).

3 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Entwicklungsstadium: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („0“).

- A: Vielzahl von Versuchs- und kleineren Demoanlagen; der großtechnische Einsatz wird derzeit erprobt. TRL = 7 bei der am weitesten vorangeschrittenen Technik (Post-Combustion).
- B: TRL = 2, da bislang lediglich Konzepte vorliegen und fast keine Versuchs- und Pilotanlagen existieren.
- C: TRL = 6

Technisches und wirtschaftliches Risiko: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („0“).

- A: geringes technisches Risiko, hohes wirtschaftliches Risiko, da abhängig von der Entwicklung eines CO₂-Marktes
- B: eher hohes technisches Risiko (da eine Vielzahl der bislang vorliegenden F&E-Arbeiten eher konzeptioneller Natur ist), hohes wirtschaftliches Risiko (wie oben)
- C: eher hohes technisches Risiko (nur in wenigen Speicherstätten umgesetzt), hohes wirtschaftliches Risiko (wie oben)

Rohstoffrisiken: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung (keine kritischen Rohstoffe) („0“).

4 Marktpotenziale

Die folgenden Einschätzungen beziehen sich nur auf das *NRW-Marktpotenzial*.

- A: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung (Marktpotenzial in Deutschland nicht vorhanden; auch wenn das globale Marktpotenzial hoch sein könnte, würden davon vermutlich die in der Technikentwicklung und Anlagenbau führenden Länder [Frankreich, USA, Japan, Kanada sowie China] profitieren). („o“).
- B: Aufgrund der hohen Dichte von Anlagen zur Grundstoffchemie, Stahlindustrie und Zementindustrie in NRW wird in NRW von einem höheren Marktpotenzial als durchschnittlich in Deutschland ausgegangen („+“). Auch wenn CCS nur in der Zementindustrie benötigt würde, wäre das Potenzial in NRW eventuell höher als durchschnittlich in Deutschland („+“), da es möglicherweise geeignetere Transportrouten als aus dem Süden Deutschlands gibt.
- C: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung (Speicherung in Deutschland rechtlich nicht möglich) („o“).

5 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Vermiedene Treibhausgas-Emissionen:

- Im Fall B (CO₂-Abscheidung in Industrieanwendungen) könnte der Beitrag zu Klimazielen entsprechend des Marktpotenzials in NRW höher als für Deutschland liegen („+“).

Vermiedene oder gestiegene andere Emissionen:

- Andere Emissionen wurden in der Studie TF-Energiewende nicht betrachtet.

6 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

Beitrag zur Energieeffizienz:

- Die Energieeffizienz wurde in der Studie TF-Energiewende nicht betrachtet. Angesichts des zusätzlichen Energieaufwandes für CCS würde im Falle der CO₂-Abscheidung in Industrieanwendungen der Primärenergieverbrauch von NRW entsprechend des Marktpotenzials in NRW jedoch ansteigen, die Energieeffizienz also sinken („-“).

Beitrag zur Ressourceneffizienz:

- Aufgrund des zusätzlichen Flächenverbrauchs und Wasserverbrauchs würde in diesem Falle die Ressourceneffizienz ebenfalls sinken („-“).

7 Kosteneffizienz

Die Kosteneffizienz wurde in der Studie TF-Energiewende nicht betrachtet. Angesichts der Zusatzkosten von CCS würde im Falle der überproportional hohen CO₂-Abscheidung in Industrieanwendungen auch entsprechend höhere Zusatzkosten in NRW entstehen, die Kosteneffizienz also sinken („-“).

8 NRW Wertschöpfung

Hinsichtlich des Wertschöpfungspotenzials wird kein Unterschied zwischen NRW und der deutschlandweiten Einschätzung gesehen („o“). Auch wenn das Potenzial in NRW in Bezug auf Industrieanwendungen überproportional hoch wäre, würden da-

von vermutlich die in der Technikentwicklung und Anlagenbau führenden Länder [USA, Japan, Kanada sowie China] profitieren.

9 Stand und Trends von F&E

9.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: CCS (+ Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Hinsichtlich der bewilligten Mittel im Bereich CCS hat NRW sowohl die meisten Vorhaben realisiert als auch die meisten Bundesmittel bewilligt bekommen.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	26 (von 72)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	1
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	20,2 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	1
	Anzahl von Projekte über 1 Mio. EUR	8 (12)
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	0,11
Bewertung		++ (Platz 1)

9.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Lediglich Berlin und Sachsen fördern mit Landesmitteln die Speicherung von CO₂.

9.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich der CCS bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern nur exemplarische Akteure umfassen:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Das Institut für Energie- und Umwelttechnik (IUTA), Duisburg
	Universität Duisburg Essen - Lehrstuhl für Umweltverfahrens- und Anlagentechnik (LUAT)
	MAN Energy Solutions SE, Oberhausen
	RWE Power Aktiengesellschaft - Forschung und Entwicklung - Innovative Kraftwerkstechnik, Essen
	Ruhr-Universität Bochum - Fakultät für Maschinenbau - Institut für Thermo- und Fluidodynamik
	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
	Mitsubishi Hitachi Power Systems, Duisburg
	Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen
Verbände / Netzwerke	Rhein-Ruhr-Power e.V., Düsseldorf
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	✓ Netzwerk Kraftwerkstechnik

9.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- Transsonisch_CO₂ - Transsonischer Prozessverdichter axialer Bauart zur Verdichtung von Kohlendioxid
- MefCO₂-Pilotanlage
- ACT - Detect - Bestimmung des Risikos des Entweichens von CO₂ durch Risse in der primären Sperrschicht unter Verwendung eines integrierten Ansatzes mit Überwachung und hydromechanisch-chemischer Modellierung; Teilvorhaben: RWTH Aachen
- ACT-AC₂OCem - Voranbringen und Beschleunigung der Markteinführung der CO₂-Abscheidung in der Zementherstellung durch Einsatz der Oxyfuel-Technologie
- ACT-Align-CCUS - Beschleunigung des Wachstums CO₂-armer Technologien durch CCUS
- CO₂-Abscheideanlage der Universität Duisburg-Essen (LUAT) (Post-Combustion) i.R. des Projektes CO₂-Plattform Herne

9.5 Gesamtbewertung F&E

Diesem Technologiefeld kommt sowohl bei der Aufstellung der Forschungslandschaft als auch bei der Höhe der F&E Mittel eine höhere Bedeutung („+“) zu als im Bundesdurchschnitt:

- Hinsichtlich der bewilligten Mittel im Bereich CCS hat NRW sowohl die meisten Vorhaben realisiert als auch die meisten Bundesmittel bewilligt bekommen. Die Mittel des Landes sind hingegen noch überschaubar.
- Während des ExpertInnen-Gesprächs wurde die Relevanz des Technologiefeldes in der Forschungslandschaft betont (gerade für zukünftige Projekte). Insbesondere das Projekt MefCO₂ wurde hervorgehoben.

10 Gesellschaftliche Akzeptanz

Mangels Untersuchungen hierzu kein Unterschied zwischen NRW und der deutschlandweiten Einschätzung (kaum Zustimmung bzw. Unterstützung für CCS in der deutschen Bevölkerung) („o“).

11 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“). Für Planungsprozesse zu Transport und Speicherung von CO₂ keine Einschätzung möglich, da in Deutschland Neuland.

12 Abhängigkeit von Infrastrukturen

Analog zum möglichen Marktpotenzial für CCS in der Industrie wird auch von einem relativ gesehen höheren Bedarf an Infrastrukturen in NRW ausgegangen (Bezug von Wärme und Strom, Abtransport von CO₂, ggf. Bedarf an Wasser) („+“).

13 Systemkompatibilität

Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“).

14 Zusammenfassung

Aufgrund der Bedeutung für die Dekarbonisierung der Industrie wird das Technologiefeld als „relevanter“ im Vergleich zu Gesamtdeutschland eingeschätzt.

2.4 TFE-NRW Technologiebewertung CO₂-Nutzung

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7052/7052_CO2-Nutzung.pdf

1 Vorbemerkung

Im Folgenden wird nur die chemische Nutzung von CO₂ betrachtet:

- A: Bulkchemikalien
- B: Polymere

2 Vorlaufzeiten

Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“):

- A und B: Vorlaufzeit maximal bis 2040 (einzelne Produkte sicher früher)

3 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Entwicklungsstadium: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“). Ausgewählte Produkte bzw. Verfahren:

- Photokatalytische Aktivierung von CO₂: Technologieentwicklung (TRL = 3)
- Elektrokatalytische Aktivierung von CO₂: Technologieentwicklung (TRL = 4)
- C1 Baustein für Polymere (außer PUR): Technologieentwicklung (TRL = 3-4)
- Hydrierung von CO₂: Je nach Anwendung Technologieentwicklung – Kommerzialisierung (TRL = 4-9)

Technisches und wirtschaftliches Risiko: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“).

- Photokatalytische und elektrokatalytische Aktivierung von CO₂: technisches Risiko sehr hoch, wirtschaftliches Risiko sehr hoch
- C1 Baustein für Polymere (außer PUR): technisches Risiko hoch, wirtschaftliches Risiko eher hoch
- Hydrierung von CO₂: technisches Risiko eher hoch, wirtschaftliches Risiko eher hoch

Rohstoffrisiken: Nicht bewertet

4 Marktpotenziale

Die folgenden Einschätzungen beziehen sich nur auf das *NRW-Marktpotenzial*.

Von den betrachteten Produkten (Harnstoff, Methanol, Salicylsäure, anorganische und organische Carbonate sowie Polycarbonat) spielt insbesondere die Herstellung von Methanol und Polycarbonat eine weit übergeordnete Rolle in NRW (Anteile von 40 % bzw. 69 % an der deutschen Herstellung). Harnstoff spielt keine Rolle in NRW. Insgesamt wird dem Bereich der CO₂-Nutzung zukünftig jedoch eine bedeutende

Rolle in NRW zugeschrieben (z. B. im Rahmen von Power-to-chemicals und dem Ersatz der auf Erdöl basierenden Chemieproduktion). Es wird daher für NRW von einem überproportional hohen („++“) Marktpotenzial als im Bundesdurchschnitt ausgegangen.

5 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Analog zum Marktpotenzial wird der Beitrag von NRW zu den Klimazielen als überproportional hoch („++“) eingeschätzt.

6 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

Analog zum Marktpotenzial wird der Beitrag von NRW zur Energie- und Ressourceneffizienz als überproportional hoch („++“) eingeschätzt.

7 Kosteneffizienz

Der Beitrag von NRW zur Kosteneffizienz wird höher als im Bundesdurchschnitt („+“) eingeschätzt (in diesem Fall im Sinne von zusätzlich entstehenden Kosten).

8 NRW Wertschöpfung

Aufgrund der im Vergleich zu anderen Bundesländern hohen Dichte an Chemiestandorten dürfte auf NRW ein überproportional hoher („++“) Anteil an der Wertschöpfung entfallen.

9 Stand und Trends von F&E

9.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: CO₂-Nutzung (+ Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Im Bereich der CO₂-Nutzung liegt NRW sowohl bei der Anzahl an Vorhaben und hinsichtlich der bewilligten Fördersumme auf Platz eins. Zwischen 2010 und 2014 wurde nie mehr als 4 Projekte pro Jahr durch den Bund in NRW gefördert. Ab 2016 nahm die Zahl zu.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	103 (von 493)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	2
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	90,3 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	1
	Anzahl von Projekte in NRW über 1 Mio. EUR	29 (90)
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	0,50 (Sachsen 0,76)
Bewertung		++ (Platz 3)

9.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Es liegen keine konkreten Daten vor.

9.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich der CO₂-Nutzung bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern nur exemplarische Akteure umfassen:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen
	thyssenkrupp AG - Corporate Function Technology - Innovation & Sustainability, Essen
	RWTH Aachen - Lehrstuhl für Technische Chemie und Petrochemie - Institut für Technische und Makromolekulare Chemie
	Forschungszentrum Jülich GmbH - Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK)
	Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion, Mülheim an der Ruhr
	Exzellenzcluster „The Fuel Science Center“ innerhalb der RWTH Aachen
Verbände / Netzwerke	Rhein-Ruhr-Power e.V., Düsseldorf
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	✓ Netzwerk Kraftwerkstechnik

9.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- Carbon2Chem-Lo: Technologien zur Nutzung von Hüttengasen der Stahlerzeugung für die Synthese chemischer Produkte und Systemintegration
- Carbon2Chem-L5: Herstellung von Wertstoffen für die Kunststoffindustrie auf Basis von CO und CO₂ aus Kuppelgasen
- ACT-Align-CCUS - Beschleunigung des Wachstums CO₂-armer Technologien durch CCUS
- Virtuelles Institut Strom-zu-Gas-und-Wärme
- P2X-Plattform Herne (SPIN-Projekt)

9.5 Gesamtbewertung F&E

Diesem Technologiefeld kommt sowohl bei der Aufstellung der Forschungslandschaft als auch bei der Höhe der F&E Mittel eine höhere Bedeutung („+“) zu als im Bundesdurchschnitt:

- Die Fördermittel des Bundes fließen zum großen Teil nach NRW.
- Hohe Relevanz durch Carbon2Chem.
- Während des ExpertInnen-Gesprächs wurde die Relevanz des Technologiefeldes betont (gerade für zukünftige Projekte).

10 Gesellschaftliche Akzeptanz

Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“) („Akzeptanzuntersuchungen, die zwischen Produkten bzw. Produktfamilien unterscheiden, liegen nicht in ausreichender Zahl vor, so dass diesbezüglich keine detaillierteren Aussagen getroffen werden können.“).

11 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen („o“). (Keine Aussagen vorliegend. „Pfadabhängigkeit ist vergleichbar mit heute üblichen verfahrenstechnischen Anlagen.“)

12 Abhängigkeit von Infrastrukturen

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen („o“). („Bei Nutzung großer CO₂-Mengen: Bau von CO₂-Pipelines, bei kleineren CO₂-Mengen: Lkw-, Bahn- oder Schiffstransport.“)

13 Systemkompatibilität

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen („o“) (beim Einsatz von H₂ für Synthesezwecke: mögliche Synergiepotenziale (als Teil einer Wasserstoffenergiewirtschaft), ggfs. Nutzungskonkurrenzen mit anderen PtX-Anwendungen (z. B. Power-to-Fuel, Methanisierung) in Bezug auf die Verfügbarkeit von „grünem“ H₂).

14 Zusammenfassung

Basierend insbesondere auf dem Marktpotenzial, der hierüber zu erreichenden Klimawirkung und der NRW-Wertschöpfung wird die Bedeutung der CO₂-Nutzung für NRW „*sehr viel relevanter*“ als in Gesamtdeutschland bewertet.

3.1 TFE-NRW Technologiebewertung Stromtransport und Verteilung

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7053/7053_Stromtransport.pdf

1 Allgemeine Einordnung

Die in diesem Technologiefeld untersuchten Technologien zur Erhöhung der Aufnahme-/Transportkapazität des Netzes („Netztechnologien“) und Technologien für einen sicheren und effizienten Netzbetrieb („Netzplanung und Netzbetrieb“) und deren Entwicklungsziele unterscheiden sich nicht zwischen NRW und Gesamtdeutschland.

Die Kriterien Vorlaufzeiten, F&E-Risiken, Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen, Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz und Kosteneffizienz konnten im Bericht TFE nicht bewertet werden, da dieses Technologiefeld keine eigenen Beiträge erbringt, sondern als Dienstleistung für andere Technologien anzusehen ist.

Hinsichtlich der Kriterien Gesellschaftliche Akzeptanz, Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit, Abhängigkeit von Infrastrukturen und Systemkompatibilität können keine Unterschiede zwischen NRW und Gesamtdeutschland festgestellt werden.

Denkbare Unterschiede könnten bei den Kriterien Marktpotenziale, NRW-Wertschöpfung und Stand und Trends von F&E im internationalen Vergleich bestehen, so dass diese im Folgenden ausführlicher betrachtet werden.

2 Marktpotenziale

Hinsichtlich des NRW-Marktpotenzials besteht derzeit eine unterproportionale Bedeutung von NRW, betrachtet man die spezifischen Größen „Stromleitungen pro Einwohner“ und „Stromleitungen pro Wirtschaftsleistung“. Nur das Verhältnis von Stromleitungen zu Fläche könnte leicht überproportional sein (jeweils Expertenschätzungen). Zukünftig jedoch dürfte angesichts der Potenziale für die Sektorenkopplung und insbesondere für den Bedarf an Strom zur Produktion von Wasserstoff ein erheblicher Bedarf für den Stromtransport und seine –verteilung entstehen. Das zukünftige Marktpotenzial wird daher als „überproportional hoch“ („++“) im Vergleich zum Bundesdurchschnitt bewertet.

3 NRW Wertschöpfung

Vermutlich besteht hinsichtlich der Wertschöpfung durch Unternehmen in NRW kein Unterschied zur Bundesebene. („0“)

4 Stand und Trends von F&E

4.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Stromnetz

(Schlagwort bei enArgus nicht vorhanden)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Eine Auswertung anhand der enArgus-Datenbank war schwierig umsetzbar, da der Begriff Stromnetz nicht verschlagwortet ist. Bei der Suche nach dem Begriff Stromnetz wurden folgende Ergebnisse erzielt: Demnach hat Baden-Württemberg die größte Summe an Mittel bewilligt bekommen. NRW ist auf dem zweiten Platz und hat die meisten Projekte umgesetzt. Seit 2010 wurden laut enArgus 167 Projekte mit Bundesmitteln bewilligt mit einem Budget von etwa 95,63 Mio. Euro.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	167 (von 948)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	1
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	95,63 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	2
	Anzahl von Projekte in NRW über 1 Mio. EUR	24 (151)
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	0,53 (Bremen 3,35)
Bewertung		o (Platz 9)

4.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ Länderberichte

Im Vergleich fördert NRW den Bereich stark in 2018, obwohl andere Länder hier die Spitzenplätze unter sich verteilen. Die Fördermittel aus NRW für Stromnetze entspricht einem Anteil von etwa 3,4% der Energie-relevanten Förderung, die NRW insgesamt aufwendet (s. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

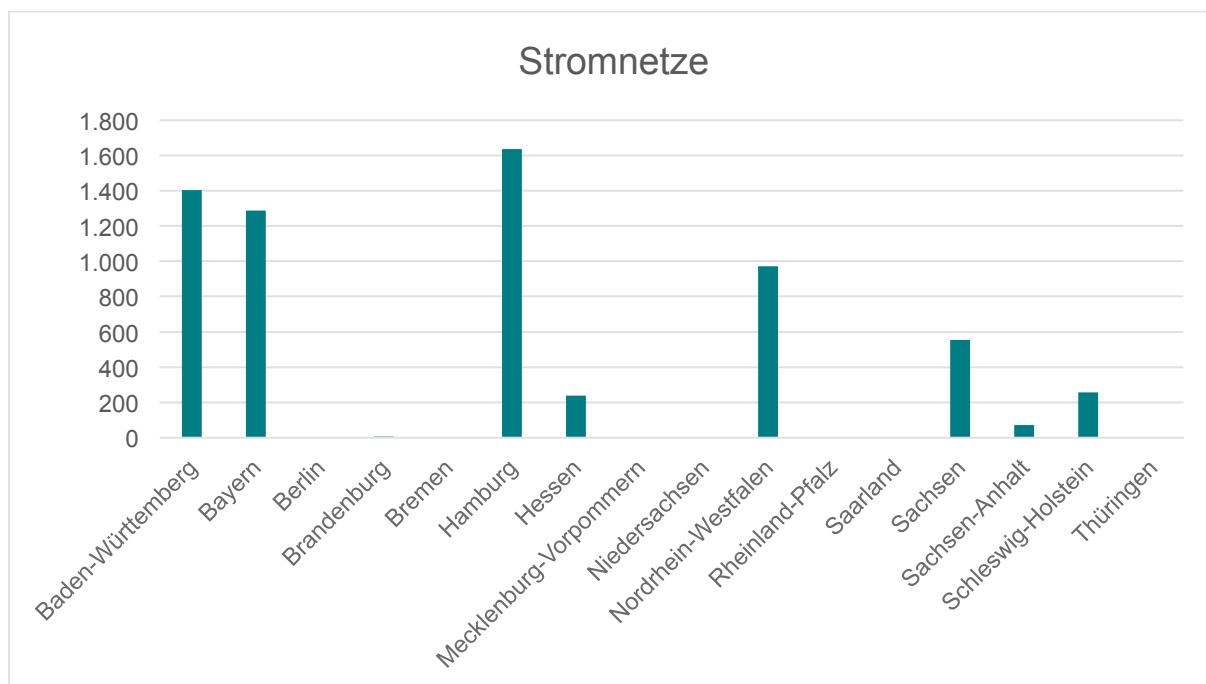


Abbildung 5 F&E Mittel der Bundesländer im Bereich Stromnetze (in Tsd. EUR)

Quelle: eigene Darstellung basierend auf PtJ (2020)⁹

4.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich der Stromnetze bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern nur exemplarische Akteure umfassen:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	RWTH Aachen: Institut für Hochspannungstechnik, E.ON Research Center (ACE, PGS), Forschungscampus Flexible Elektrische Netze (FEN)
	Bergische Universität Wuppertal, Lehrstuhl für elektrische Energieversorgungstechnik
	Technische Universität Dortmund, ie3
	Gas- und Wärme-Institut Essen e. V.
Verbände / Netzwerke	Cluster Energieforschung NRW (CEF.NRW), Düsseldorf
	Netzwerk der Energieagentur NRW: Netze und Speicher NRW, Düsseldorf, Wuppertal, Gelsenkirchen
	VKU, Landesgruppe NRW
	Forschungsgemeinschaft für Elektrische Anlagen und Stromwirtschaft e.V., Aachen
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	✓ Netzwerk Netze und Speicher NRW

⁹ Projektträger Jülich (2020): Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Länder im Jahr 2018.

4.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- FIT4EChange – Digitalisierung des Niederspannungsverteilnetzes. Umgesetzt im Rahmen von SPIN.
- Schaufenster Designetz: Baukasten Energiewende ' Von Einzellösungen zum effizienten System der Zukunft; Teilvorhaben: Blaupause für das Energiesystem 2035
- MathEnergy - Mathematische Schlüsseltechniken für Energienetze im Wandel, Teilvorhaben: Modellreduktion, Metamodellierung und Netzregelung
- HGÜ-Testzentrum – Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung
- Quirinus – Regionales virtuelles Flächenkraftwerk
- INES - Entwicklung einer intelligenten Ortsnetzstation und ein Verteilnetz-Management System
- Ampacity - Inbetriebnahme eines Supraleiterkabels in der Stadt Essen

4.5 Gesamtbewertung F&E

Diesem Technologiefeld kommt sowohl bei der Aufstellung der Forschungslandschaft als auch bei der Höhe der F&E Mittel eine höhere Bedeutung („+“) zu als im Bundesdurchschnitt:

- NRW hat im Bereich der Stromnetze die meisten Projekte umgesetzt und auch das Land fördert viele Projekte zum Stromtransport.
- Zentrale Akteure in diesem Bereich haben ihren Standort in NRW, wie die TU Dortmund und die RWTH Aachen.

5 Zusammenfassung

Insgesamt wird die Bedeutung dieses Technologiefeldes als „*sehr viel relevanter*“ im Vergleich zu Gesamtdeutschland eingeschätzt.

3.2 *TFE-NRW Technologiebewertung Wärmetransport und Verteilung*

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7054/7054_Waermetransport.pdf

6 **Vorbemerkung**

Im Folgenden bedeuten

- A: Bestandsnetze
- B: Niedertemperatur Wärmenetze mit Einspeisung erneuerbarer Wärme
- C: Lastmanagement und flexibler Betrieb
- D: Planungsinstrumente für Wärmenetze und Hydraulik

7 **Vorlaufzeiten**

Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („0“)
(Vorlaufzeit bis 2030).

8 **F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)**

Entwicklungsstadium: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („0“).

- A: TRL = 9 (kommerzieller Betrieb)
- B: TRL = 7 (Demonstration)
- C: Betriebsoptimierung TRL = 7 (Demonstration)
- D: Planungsinstrumente TRL = 7 (Demonstration)

Technisches und wirtschaftliches Risiko: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („0“) (technisches Risiko eher gering, wirtschaftliches Risiko hoch).

Rohstoffrisiken: Nicht bewertet.

9 **Marktpotenziale**

Die folgenden Einschätzungen beziehen sich nur auf das *NRW-Marktpotenzial*.

Aktuell liegt kein nennenswerter Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung vor. So hat NRW einen Anteil von 19,3 % an der in ganz Deutschland in Fernwärmenetze eingespeisten Wärme (19,2% bezogen auf Wasser-netze, 20,1 % bezogen auf Dampfnetze) und verfügt über 22,9 % der bundesdeutschen Trassenlängen¹⁰.

¹⁰ Virtuelles Institut Strom zu Gas und Wärme (2018): Band V – Technologie-Steckbriefe

Nach Studienergebnissen¹¹ bestände für das Ruhrgebiet durch eine perspektivische Schaffung des größten Fernwärmeverbundsystems in Europa ein etwa verdoppeltes CO₂-Einsparungspotenzial bei etwa halbierten CO₂-Minderungskosten. Für den weiteren Ausbau der Fernwärme werden von NRW über das Programm „progres.NRW: Markteinführung – Wärmenetze und Energiespeicher“ Fördergelder zur Verfügung gestellt. Zudem dürfte auch das Auslaufen der fossilen Großkraftwerke und damit der Auskopplung von Wärme einen erheblichen Bedarf an der Schaffung neuer Infrastrukturen zur Wärmeversorgung von Industrie und Haushalten erzeugen.

Auch da die Nutzung von Abwärme aus Kraftwerksprozessen (GuD, Abfallverwertung) und insbesondere aus industriellen Prozessen jedoch Wärmenetze benötigt und das Abwärmepotenzial von NRW (Bericht 26) als überproportional hoch eingeschätzt wird, wird die Bedeutung von Wärmenetzen für NRW überproportional hoch im Vergleich zu Deutschland insgesamt bewertet („++“).

10 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“), nur qualitativ einschätzbar: „Enabling Technology“ zur Erhöhung der Effizienz der Energieerzeugung und zur Bereitstellung von Flexibilitätsoptionen durch die mit dem elektrischen System gekoppelten Wärmeerzeuger.

11 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“).

12 Kosteneffizienz

Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“).

13 NRW Wertschöpfung

Aufgrund des zukünftig möglicherweise überproportional hohen Marktanteils von NRW wird von einer höheren Wertschöpfung in NRW als im deutschlandweiten Durchschnitt ausgegangen („+“). Dies dürfte gerechtfertigt sein, da auch in NRW die netzgebundene Wärmeversorgung von deutschen, meist kommunalen Unternehmen geprägt ist.

14 Stand und Trends von F&E

14.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Wärmenetz (+ Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Im Bereich der Wärmenetze wurden in Nordrhein-Westfalen neben Baden-Württemberg besonders viele Projekte umgesetzt. Beim Vergleich der Anzahl der Projekte liegt NRW mit Bayern gleich auf.

¹¹ Bartelt, Martin; Beck, Jessica; Donner, Oliver; Marambio, Constanze; Michels, Armin; Ritzau, Michael; Schrader, Knut (2013): Perspektiven der Fernwärme im Ruhrgebiet bis 2050 (Abschlussbericht (vorläufige Endversion)): Büro für Energiewirtschaft und technische Planung GmbH, Alfonsstr. 44, 52070 Aachen

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	70 (von 521)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	3
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	46,5 Mio
	Platzierung NRW im Ländervergleich	2
	Anzahl von Projekte über 1 Mio. EUR	11
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	0,26 (Berlin 0,63)
Bewertung		o (Platz 10)

14.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Es liegen keine konkreten Daten vor.

14.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich Wärmenetze bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern nur exemplarische Akteure umfassen:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Universität Duisburg Essen – Lehrstuhl für Umweltverfahrens- und Anlagentechnik / Lehrstuhl Energietechnik
	Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen
	Zentrum für innovative Energiesysteme (ZIES), Düsseldorf
	Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.
Verbände / Netzwerke	Landesverband NRW des BDEW, Düsseldorf
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	✓ Netzwerk Netze und Speicher NRW
	✓ Netzwerk Kraftwerkstechnik

14.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- EnEff:Wärme – BestHeatNet: Praxisnahe Entwicklung und Erprobung eines intelligenten Optimierungs- und Regelungsverfahrens für ein multivariantes Niedertemperatur-Nahwärmesystem mit hohem erneuerbaren Energieanteil und mehreren Wärme-/Stromerzeugern
- EnEff:Wärme: IQ Dortmund: Konzeptionierung eines integrierten Wärmenetzes zur sektorenübergreifenden Quartiersversorgung in Dortmund
- Wärmenetze 4.0
- Integrierte Betrachtung von Strom-, Gas-, und Wärmesystemen zur modellhaften Optimierung des Energieausgleichs- und Transportbedarfs innerhalb der deutschen Energienetze
- Reallabor: TransUrban.NRW - Transformation der netzgebundenen, urbanen Wärme- und Kälteversorgung mit intersektoralen Power-2-Heat Lösungen als Beitrag zum Strukturwandel in den Kohlerevieren NRW
- FWSRR - Fernwärmeschiene Rhein Ruhr
- ectogrid (E.ON-Projekt: Kälte- und Wärmenetz)

14.5 Gesamtbewertung F&E

Diesem Technologiefeld kommt bei der Aufstellung der Forschungslandschaft eine höhere Bedeutung („+“) zu als im Bundesdurchschnitt. Bei der Höhe der F&E Mittel ist kein Unterschied („o“) festzustellen:

- Während des ExpertInnen-Gesprächs wurde die Relevanz des Technologiefeldes betont (gerade für zukünftige Projekte).
- Neue Reallabore starten gerade und sind für die Zukunft relevant.
- Die Fördermittel des Bundes und des Landes sind hingegen überschaubar, wobei laut Expertenmeinung insbesondere im Bereich Niedertemperaturwärmenetze noch Forschungsbedarf besteht.

15 Gesellschaftliche Akzeptanz

Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“) („mittleres Risiko für Marktakzeptanz und sozialpolitische Akzeptanz, da bei niedrigen Verbräuchen die Investitionskosten dominant werden – hohes Risiko bei lokaler Akzeptanz, da Wirtschaftlichkeit in der Regel nur bei hohen Anschlussdichten erreichbar ist.“)

16 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen („o“). („Wärmenetze haben sehr lange Abschreibungs- und Nutzungszeiten, dem entsprechend sind Investitionsentscheidungen von stabilen Langfristentscheidungen abhängig.“)

17 Abhängigkeit von Infrastrukturen

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen („o“). („Es müssen bestehende Infrastrukturen aus- und umgebaut werden; Wechselwirkung zu anderen Infrastrukturen besteht zu Gasnetzen.“)

18 Systemkompatibilität

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen (Systemkompatibel) („o“).

19 Zusammenfassung

Insgesamt (und insbesondere basierend auf der Einschätzung des zukünftigen Marktpotenzials), wird die Bedeutung dieses Technologiefelds für NRW als „sehr viel relevanter“ als im Bundesdurchschnitt eingeschätzt.

3.3a TFE-NRW Technologiebewertung Energiespeicher (elektrisch und elektro-chemisch)

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7055/7055_Energiespeicher.pdf

1 Vorbemerkung

Folgende elektrochemische Energiespeichertechnologien werden betrachtet:

- A: Lithium-basierte Technologien (Li-Ion, Li/Luft, Li/S)
- B: Natrium-basierte Technologien (NaS, NaNiCl)
- C: Redox-flow Technologien (VRF, Fe/Cr, Br/S, V/Br)

2 Vorlaufzeiten

Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“):

- A: Vorlaufzeit
 - Li/Luft bis 2040
 - Li/S bis 2030
- B: Vorlaufzeit bis 2020
- C: Vorlaufzeit bis 2020

3 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Entwicklungsstadium: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“).

- A:
 - Li-/Ion: TRL = 9 (Kommerzialisierung)
 - Li/Luft: TRL = 4 (Technologieentwicklung)
 - Li/S: TRL = 7 (Demonstration)
- B: TRL = 9 (Kommerzialisierung)
- C: VRFB: TRL = 9 (Kommerzialisierung)

Technisches und wirtschaftliches Risiko: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“).

- A:
 - Li-/Ion: technisches Risiko eher hoch, wirtschaftliches Risiko eher hoch
 - Li/Luft: TRL = technisches Risiko sehr hoch, wirtschaftliches Risiko sehr hoch
 - Li/S: TRL = technisches Risiko hoch, wirtschaftliches Risiko sehr hoch
- B: technisches Risiko eher hoch, wirtschaftliches Risiko eher hoch OKOKOK
- C: VRFB: technisches Risiko eher hoch, wirtschaftliches Risiko hoch

Rohstoffrisiken: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“) (kritisch eingeschätzt werden Vanadium, Graphit, Kobalt, Mangan, Palladium)

4 Marktpotenziale

Die folgenden Einschätzungen beziehen sich nur auf das *NRW-Marktpotenzial*.

Es ist davon auszugehen, dass ein hohes zukünftiges Marktpotenzial für elektrochemische Speicher besteht. Für Deutschland wurde für 2050 ein Gesamtbedarf von 108 GWh in 2050 ermittelt (Fraunhofer IWES 2017), die aktuell installierte elektrochemische Speicherkapazität liegt also schätzungsweise erst bei ca. 0,5-1,5 %.

Es wird hier davon ausgegangen, dass in NRW aufgrund der zunehmenden Anwendung von Sektorenkopplung verbunden mit Stromspeicherung eine höhere Bedeutung („+“) als dem Bundesdurchschnitt zukommen wird.

5 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“), nur qualitativ einschätzbar: „Enabling Technology“ zur Erhöhung des Anteils fluktuierender Energien und verbrauchoptimierten Betriebsweise von fossilen Energiewandlern.

6 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

Ebenfalls kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“) – nur qualitativ einschätzbar.

7 Kosteneffizienz

Ebenfalls kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“) – nur qualitativ einschätzbar.

8 NRW Wertschöpfung

„Deutschland deckt die gesamte Wertschöpfung bei Li-Ionen Batterien bis auf die Zellfertigung im großen Maßstab (Massenmarkt) ab. Eine Vielzahl von Unternehmen im Bereich der Materialherstellung und Produktionstechnologien in Deutschland vorhanden, insbesondere mit Blick auf Lithium-basierte Technologien und Redox-Flow Batterien.“

Da diese Firmen aber einer Kurzrecherche nach weitgehend nicht in NRW sitzen, wird die Bedeutung von NRW als überproportional niedrig eingeschätzt („--“).

9 Stand und Trends von F&E

9.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Lithiumbatterie / Natrium/Akkumulator / Redox-Flow-Batterie (+ Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Im Bereich der Redox-Flow Batterien ist Baden-Württemberg vorne, gefolgt von NRW. Vorreiter beim Forschungsbereich zu Lithium-Batterien sind die Bundesländer Bayern, Baden-Württemberg und Niedersachsen. Hier landet NRW auf dem vierten Platz. Das Forschungsfeld der Natriumbatterien wird von vielen Bundesländern, unter anderem auch von NRW, abgedeckt.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	Lithium: 19 (von 146) Natrium: 24 (von 141) Redox-Flow-Batterie: 12 (von 99)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	Lithium: 4 Natrium: 1 Redox-Flow-Batterie: 3
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	Lithium: 8,7 Mio. Natrium: 10,8 Mio. Redox-Flow-Batterie: 8,3 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	Lithium: 4 Natrium: 2 Redox-Flow-Batterie: 2
Bewertung	Anzahl von Projekte über 1 Mio. EUR	Lithium: 2 Natrium: 2 Redox-Flow-Batterie: 2
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	Lithium: 0,05 (Baden-Württemberg 0,31) Natrium: 0,06 (Berlin 0,21) Redox-Flow-Batterie: 0,05 (Saarland 0,24)
		Lithium: o (Platz 10) Natrium: o (Platz 10) Redox-Flow-Batterie: o (Platz 8)

9.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Das PtJ (2020)¹² macht keine Unterscheidung zwischen elektrischen und thermischen Speichern.

9.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich Energiespeicher (elektrisch und elektrochemisch) bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern nur exemplarische Akteure umfassen:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Westfälische Wilhelms-Universität Münster - MEET – Münster Electrochemical Energy Technology
	RWTH Aachen, Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe
	Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen
	Zentrum für Brennstoffzellentechnik GmbH, Duisburg
	Max-Planck-Institut für chemische Energiekonversion, Mülheim an der Ruhr
	Forschungszentrum Jülich
	Forschungsfertigung Batteriezelle (FFB) Münster als Teil des

¹² Projektträger Jülich (2020): Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Länder im Jahr 2018.

	Fraunhofer Instituts für Produktionstechnologie IPT
	Helmholz-Institut Münster
Verbände / Netzwerke	Netzwerk der Energieagentur NRW – Netze und Speicher, Düsseldorf
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	✓ Netzwerk Netze und Speicher NRW

9.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- KV-BATT-TECH. Leistungsstarke HV-Batteriespeicher als Grundpfeiler der Energiewende. Umgesetzt im Rahmen von SPIN
- Re3dOx - Recycling und Ressourceneffizienz bei der RedOx-Flow-Batterie; Teilvorhaben: Entwicklung von optimierten Produktionsprozessen unter Nutzung von Recycling-Materialien
- Nachwuchsgruppe Entwicklung neuer Kathoden-Materialien für Lithium-Ionen Batterien mit definierten Partikeln durch skalierbare Synthese-Routen
- Charakterisierung und Optimierung von Flüssigelektrolyten für Hochleistungs-Lithiumbatterien: Ausweitung der Mess- und Synthesekapazitäten Elektrolyte in Münster (AMUSE)
- Elektrochemische Metall-Metalloxid-Hochtemperaturspeicher für zentrale und dezentrale stationäre Anwendungen (MeMo)
- Forschungsfabrik Batterie in Münster (Fraunhofer Gesellschaft)
- Modularer Multi-Megawatt Multi-Technologie Mittelspannungs-Batteriespeicher (M5Bat)

9.5 Gesamtbewertung F&E

Diesem Technologiefeld kommt bei der Aufstellung der Forschungslandschaft eine überproportional höhere Bedeutung („++“) zu als im Bundesdurchschnitt. Bei der Höhe der F&E Mittel ist kein Unterschied („o“) festzustellen:

- Während des ExpertInnen-Gesprächs wurde die Relevanz des Technologiefeldes betont (gerade für zukünftige Projekte).
- Mit dem MEET ist ein zentrales Forschungszentrum in NRW vorhanden. Daneben sind auch die RWTH Aachen, die Forschungsfertigung Batteriezelle (Institutsstil des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT) und das FZ Jülich führend in dem Bereich.
- Die Mittel des Bundes und des Landes sind noch überschaubar.

10 Gesellschaftliche Akzeptanz

Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“) („Gesellschaftliche und lokale Akzeptanz sind eher hoch. Die Marktakzeptanz liegt im Mittel, da regulatorische Rahmenbedingungen und mangelnde Vergütung der Flexibilität durch Speicher dem entgegen stehen. Weiterhin spielen dabei nach wie vor noch zu hohe Kosten eine Rolle.“)

11 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen („0“). („Elektrochemische Energiespeicher besitzen aufgrund der begrenzten Zyklenfestigkeit und kalendarischen Lebensdauer eine typische wirtschaftliche Nutzungsdauer zwischen 10-20 Jahren. Aufgrund der Flexibilität der Systeme ist die Planungs- und Bauzeit relativ gering.“)

12 Abhängigkeit von Infrastrukturen

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen („0“). („Elektrochemische Energiespeicher und deren Einsatz im elektrischen Netz sind abhängig von der Infrastruktur und dem Netzausbau. Ein Nutzen der Technologie ist nicht unabhängig vom Stromnetz möglich und der Einsatz von Speichern auch vom bestehenden Stromnetz abhängig. Ein Ausbau des elektrischen Netzes ist nicht zwangsweise erforderlich, kann jedoch sinnvoll sein. Neu Infrastrukturen außerhalb des Stromnetzes müssen nicht gebaut werden.)

13 Systemkompatibilität

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen (Systemkompatibel) („0“).

14 Zusammenfassung

Insgesamt wird die Bedeutung von elektro-chemischen Energiespeichern für NRW aufgrund des Marktpotenzials und der Bedeutung von F&E als „*relevanter*“ im Vergleich zu Deutschland insgesamt eingeschätzt.

3.3b TFE-NRW Technologiebewertung Energiespeicher (thermisch, thermo-chemisch und mechanisch)

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7056/7056_Energiespeicher.pdf

1 Vorbemerkung

Im Folgenden bedeuten

- A: Thermische Energiespeicher (TES)
 - Sensible Speicher/Wasserspeicher
 - Sensible Speicher/Hochtemperatur (Flüssig/Feststoff)
 - Latente Speicher (LWS)/Niedertemperatur
 - Latente Speicher (LWS)/Hochtemperatur
 - Thermochemische Speicher (TCS)
- B: Zentrale Stromspeicher (mechanisch und thermisch)
 - Strom-Wärme-Stromspeicher (SWS)
 - Adiabate Druckluftspeicher (ACAES)
 - Adiabate Flüssigluftspeicher (ALAES)
 - Pumpspeicher (PSW)
 - Schwungradspeicher

2 Vorlaufzeiten

Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“):

- A: Vorlaufzeit bis 2030, teilweise bis 2040
- B: Vorlaufzeit bis 2040

3 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Entwicklungsstadium: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“).

- A: Thermische Energiespeicher (TES)
 - Sensible Speicher/Wasserspeicher: TRL=9 (Pufferspeicher, große Speicher für Fernwärme)
 - Sensible Speicher/Hochtemperatur (Flüssig/Feststoff): TRL=4-9 (30 GWh CSP-Flüssigsalzspeicher)
 - Latente Speicher (LWS)/Niedertemperatur: TRL=6-9 (Eisspeicher, Feldtests in Gebäuden)
 - Latente Speicher (LWS)/Hochtemperatur: TRL=4-7 (einzelne Pilotspeicher)
 - Thermochemische Speicher (TCS): TRL=5-7 (Sorption), TRL 3-4 (Gas-Feststoff-Reaktionen)
- B: Zentrale Stromspeicher (mechanisch und thermisch)

- Strom-Wärme-Stromspeicher (SWS): TRL=2-5 (hohe elektrische Wirkungsgrade noch mit niedrigem TRL)
- Adiabate Druckluftspeicher (ACAES): TRL=4 (2 diabate Anlagen bisher)
- Adiabate Flüssiglufspeicher (ALAES): TRL=2
- Pumpspeicher (PSW): TRL=9 (bisher 31 Anlagen in D)
- Schwungradspeicher: TRL=9

Technisches und wirtschaftliches Risiko: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“).

■ A: Thermische Energiespeicher (TES)

- Sensible Speicher: Technisches Risiko eher gering, wirtschaftliches Risiko eher hoch
- Latente Speicher: Technisches Risiko hoch, wirtschaftliches Risiko hoch
- Thermochemische Speicher: Technisches Risiko sehr hoch, wirtschaftliches Risiko hoch

■ B: Zentrale Stromspeicher (mechanisch und thermisch)

- Adiabate Druckluftspeicher (ACAES), Adiabate Flüssiglufspeicher (ALAES): Technisches Risiko eher hoch, wirtschaftliches Risiko hoch
- Pumpspeicher (PSW): Technisches Risiko sehr gering, wirtschaftliches Risiko hoch
- Schwungradspeicher: Technisches Risiko hoch, wirtschaftliches Risiko hoch
- Thermopotenzialspeicher: Technisches Risiko gering, wirtschaftliches Risiko hoch
- Elektrowärmeleistungswerk: Technisches Risiko eher gering, wirtschaftliches Risiko hoch

Rohstoffrisiken: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“)

■ A: Thermische Energiespeicher (TES): keine Risiken

■ B: Zentrale Stromspeicher (mechanisch und thermisch): keine Risiken

4 Marktpotenziale

Die folgenden Einschätzungen beziehen sich nur auf das *NRW-Marktpotenzial*.

Zunächst ist kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung erkennbar:

■ A: Thermische Energiespeicher (TES): nicht beurteilbar

■ B: Zentrale Stromspeicher (mechanisch und thermisch): nicht beurteilbar; „zwischen 2030 und 2040 deutlich steigende Bedarf an Stromspeichern im Stromsystem. Langfristig zeigen alle Szenarien einen Bedarf an Stromspeichern, ein zukünftiges Energiesystem wird nicht ohne Speicher auskommen.“

Es werden jedoch „große Wertschöpfungspotenziale beim Bau und Betrieb von Speichern im Industrieumfeld“ erwartet. Zudem könnten Hochtemperaturspeicher ähnlich dem Projekt „Store2Power“ eine größere Rolle bei der Transformation der fossilen Großkraftwerke spielen. Aber auch aufgrund des Auslaufens der fossilen Großkraftwerke und damit der Auskopplung von Wärme dürfte thermischen Speichern

für die Wärmeversorgung von Industrie und Haushalten eine größere Rolle zukommen. Aufgrund der großen Bedeutung sowohl der Industrie als auch der fossilen Kraftwerke in NRW wird das mögliche Marktpotenzial für NRW daher erheblich höher als für Deutschland insgesamt eingeschätzt („++“).

5 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“), nur qualitativ einschätzbar: „Enabling Technology“ zur Erhöhung des Anteils fluktuierender Energien und Ersatz fossiler Primärbrennstoffe zur Erzeugung von Prozesswärme.

6 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

Ebenfalls kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“) – nur qualitativ einschätzbar.

7 Kosteneffizienz

Ebenfalls kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“) – nur qualitativ einschätzbar.

8 NRW Wertschöpfung

Das mögliche Wertschöpfungspotenzial ist derzeit nur qualitativ einschätzbar. Es werden „große Wertschöpfungspotenziale beim Bau und Betrieb von Speichern im Industrieumfeld“ erwartet. Zudem hat „Deutschland hat international eine führende Stellung im Spezialanlagenbau. Weitere Anteile betreffen den Hochbau, der in der Regel auch eine hohe inländische Wertschöpfung aufzeigt.“

Angesichts der Stärke von NRW im Anlagenbau wird erwartet, dass das Wertschöpfungspotenzial für NRW höher als für Deutschland insgesamt liegt („+“).

9 Stand und Trends von F&E

9.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Thermischer Speicher (+ Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Im Bereich der thermischen Speicher werden insbesondere in Baden-Württemberg Projekte vom Bund gefördert. Etwa mit gleich vielen Mitteln werden Projekte in Nordrhein-Westfalen, Sachsen und Bayern gefördert.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	66 (von 400)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	2
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	36 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	2
	Anzahl von Projekte über 1 Mio. EUR	9
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	0,02 (Niedersachsen 0,08)
Bewertung		o (Platz 8)

9.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Das PtJ (2020)¹³ macht keine Unterscheidung zwischen elektrischen und thermischen Speichern.

9.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich der thermischen Speicher bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern nur exemplarische Akteure umfassen:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Köln
	Forschungszentrum Jülich
	Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen
	Hochschule Bochum
	Fachhochschule Aachen
	TH Köln
	Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.
	TU Dortmund
Verbände / Netzwerke	Netzwerk der Energieagentur NRW – Netze und Speicher, Düsseldorf
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	✓ Netzwerk Netze und Speicher NRW

9.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- TESS 2.0: Thermischer Stromspeicher für den Strommarkt 2.0 Teilvorhaben: Systemintegration, Testbetrieb und Verbundkoordination
- TESIS-Anlage des DLR Köln
- Neue Charakterisierungsmethoden für Werkstoffanwendungen in zukünftigen Energiewandlungs- und -speichersystemen
- Store2Power – Nachnutzung eines Kohlekraftwerks als Wärmespeicher
- Quartierspeicher Langenfeld und Grevenbroich

9.5 Gesamtbewertung F&E

Diesem Technologiefeld kommt bei der Aufstellung der Forschungslandschaft eine höhere Bedeutung („+“) zu als im Bundesdurchschnitt. Bei der Höhe der F&E Mittel ist kein Unterschied („o“) festzustellen:

- Während des ExpertInnen-Gesprächs wurde die Relevanz des Technologiefeldes betont (gerade für zukünftige Projekte).
- Vorstudie zum kommenden Reallabor Store2Power wird seit über einem Jahr vom Land gefördert.

¹³ Projektträger Jülich (2020): Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Länder im Jahr 2018.

- Die Relevanz spiegelt sich noch nicht bei den Fördermitteln des Bundes und des Landes wieder.

10 Gesellschaftliche Akzeptanz

- A und B: Mangels Untersuchungen hierzu kein Unterschied zwischen NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („0“) (Marktakzeptanz abhängig von Erlössituation durch Speicherintegration und Situation aufgrund regulatorischer Rahmenbedingungen (CO₂-Vermeidungskosten, Strommarktdesign); hohes Risiko lokaler Akzeptanz bei Pumpspeichern, hohe Akzeptanz bei allen anderen Speichern.)

11 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen („0“).

- A: große Robustheit durch breitgefächerte Nutzung als Querschnittstechnologie
- A und B: Geringe Pfadabhängigkeiten, da Speicherbedarf bei hohen Anteilen von EE unumstritten; Reaktionsfähigkeit: lange Investitionszyklen bei Kraftwerken und industriellen Prozessen.

12 Abhängigkeit von Infrastrukturen

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen („0“).

- A: Große Wärmespeicher bedingen Fernwärmenetze, ansonsten Wärmespeicher als lokale Technik.
- B: Stromspeicher verringern die Anforderungen an den Zubau von Stromnetzen.

13 Systemkompatibilität

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen (Systemkompatibel) („0“):

- Integration von Speichern erfüllt einen Nutzen im System (Flexibilisierung, Effizienzsteigerung).
- Speicher leisten an den Sektorengrenzen wertvolle Beiträge zur Stabilisierung.

14 Zusammenfassung

Insgesamt wird die Bedeutung von thermischen und mechanischen Energiespeichern für NRW als „sehr viel relevanter“ im Vergleich zu Deutschland insgesamt eingeschätzt.

3.4 TFE-NRW Technologiebewertung Nutzung von Erdgas- und Erdölinfrastruktur und Raffinerien für strombasierte Brennstoffe

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7057/7057_Erdgasinfrastrukturen.pdf

1 Allgemeine Einordnung

Dieses „Technologiefeld“ wurde im ursprünglichen Bericht von TF-Energiewende nicht nach dem Kriterienraster bewertet, da es sich nicht direkt um eine Technologie handelt, die in der Entwicklung ist. Vielmehr wurde Forschungsbedarf hinsichtlich der möglichen Umrüstung von Erdgas- und Erdölpipelines beurteilt und nachfolgende erläutert:

„Die bestehenden Infrastrukturen für Erdgas und Erdöl bilden das logistische Rückgrat für ihren Import, Transport und Verteilung, Weiterverarbeitung sowie Nutzung. Sie sind für die heutigen, fossil basierten Kohlenwasserstoffe und ihre Bedarfe ausgelegt und optimiert. Diese werden jedoch im Zuge der Energiewende langfristig nahezu vollständig durch strombasierten Wasserstoff bzw. daraus synthetisierte Kohlenwasserstoffe auf der Basis von erneuerbaren Energien ersetzt werden müssen. Diese neuen regenerativen Energieträger (und Produkte) haben zum Teil signifikant andere Eigenschaften als heutiges Erdgas und Erdöl. Zudem ist, je nach Entwicklungspfad und Umwandlungseffizienzen, mit anderen Bedarfs-, Transport- und Verteilmengen sowie dezentraleren Produktionsstandorten zu rechnen. Daher besteht grundsätzlich hoher F&E-Bedarf im Hinblick auf eine künftige mengen- und technikgerechte Anpassung der bestehenden Infrastrukturen für neue strombasierte Kraft- und Brennstoffe.“

In diesem Steckbrief werden daher nur die Kriterien 3 und 8 behandelt.

2 Kriterium 3: Marktpotenziale

Hinsichtlich des derzeitigen Gasverbrauchs unterscheidet sich NRW nicht sehr von der Bundesebene (in NRW Industrie und Haushalte mit je 38 % des Gesamtgasverbrauchs)¹⁴. NRW dürfte jedoch hinsichtlich der möglichen Umstellung der Grundstoffindustrie auf Wasserstoffbasierte Verfahren und ggf. dem Einsatz vom CCS überproportional stark von einer möglichen Umrüstung von Transportinfrastrukturen betroffen sein (++)

3 Kriterium 8: Stand und Trends von F&E

3.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Erdgas Infrastruktur (ohne Synonyme)

¹⁴ Quelle: K. Görner; D. Lindenberg (Hrsg.): Virtuelles Institut Strom zu Gas und Wärme - Flexibilisierungsoptionen im Strom-Gas-Wärme-System, Abschlussbericht, Band V, 2018

(Schlagwort bei enArgus nicht vorhanden)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Eine Auswertung anhand der enArgus-Datenbank war schwierig umsetzbar, da der Begriff Stromnetz nicht verschlagwortet ist. Bei der Suche nach dem Begriff Erdgas und Infrastruktur wurden folgende Ergebnisse erzielt: Schleswig Holstein hat mit Abstand die meisten Fördermittel des Bundes bewilligt bekommen. Niedersachsen, Saarland und Nordrhein-Westfalen haben in etwa die gleiche Summe seit 2010 erhalten.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	3 (von 27)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	3
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	1,5 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	4
	Anzahl von Projekte über 1 Mio. EUR	9
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	0,01 (Schleswig Holstein 0,20)
Bewertung		o (Platz 8)

3.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Es liegen keine konkreten Daten vor.

3.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich „Nutzung von Erdgas- und Erdölinfrastruktur und Raffinerien für strombasierte Kraftstoffe“ bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern umfasst nur exemplarische Akteure:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.
	Shell, Köln
Verbände / Netzwerke	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e.V. (DVGW), Bonn
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	✓ Netzwerk Netze und Speicher NRW

3.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- MuSeKo - Modellbasierte Analyse der Integration erneuerbarer Stromüberschüsse durch die Kopplung der Stromversorgung mit Wärme-, Gas- und Verkehrssektor

3.5 Gesamtbewertung F&E

Bei diesem Technologiefeld ist sowohl hinsichtlich der Aufstellung der Forschungslandschaft als auch der Höhe der F&E Mittel kein Unterschied ("o") zum Bundesdurchschnitt festzustellen:

- Es gibt bei der Auswertung der Fördermittel als auch bei den ExpertInnen-Gesprächen keine Hinweise auf eine besondere Relevanz dieses Technologiefeldes in NRW.

4 Zusammenfassung

Insgesamt wird dieses Technologiefeld, insbesondere aufgrund des hohen zu erwartenden, zukünftigen Marktpotenzials, mit „*sehr viel relevanter*“ bewertet.

4.1 TFE-NRW Technologiebewertung Power-to-Gas Wasserstoff

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7058/file/7058_Power-to-gas.pdf

1 Vorbemerkung

Das Technologiefeld Power-to-Gas (PtG) Wasserstoff besteht aus den folgenden drei Technologien:

- Alkalische Elektrolyse (AEL): Elektrolysezelle gefüllt mit Gemisch aus Wasser und Kalilauge
- Polymer-Elektrolyt-Membran-Elektrolyse (PEMEL): Nutzung von Ionen-leitfähigen Kunststoffmembranen aus der Basis von Poly-Tetra-Fluor-Ethylen (PTFE).
- Hochtemperatur-Elektrolyse (SOEL): Betrieb bei 700-1000 °C mit ZrO₂-Keramik als Elektrolyt und Wasserdampf

2 Vorlaufzeiten

Die technologische Entwicklung im Bereich der elektrolytischen Wasserstofferzeugung weist große Unterschiede zwischen den einzelnen Technologien auf. Dies liegt einerseits an den hohen Herstellungskosten und andererseits an den erheblichen infrastrukturellen Maßnahmen, die zur Erreichung einer Kommerzialisierung durchzuführen wären. NRW bringt auch im bundesweiten Vergleich sehr gute infrastrukturelle Voraussetzungen mit (vgl. K. Görner und D. Lindemberger 2018; 184). Dadurch besteht die Möglichkeit, dass es sich bei den ersten kommerziell betriebenen Anlagen um Standorte handeln wird, die in NRW liegen. Abhängig von den verschiedenen Szenarien-Entwicklungen und der öffentlichen Förderung wurde im Projekt TF-Energiewende von der Inbetriebnahme der ersten kommerziellen Anlagen in Deutschland bis 2030 ausgegangen. Diese Einschätzung kann auch für NRW übernommen werden („o“).

3 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Entwicklungsstadium: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“).

Technologische Reife:

- AEL: Kommerziell (TRL=8)
- PEMEL: Demonstration (TRL=6)
- SOEL: F&E (TRL=4)

Technisches und wirtschaftliches Risiko: Die F&E-Risiken sind für NRW insgesamt ähnlich („o“) wie für die Bundesebene.

Rohstoffseitiges Risiko: In der AEL werden ausschließlich Stoffe mit einem geringen bis mittleren Risiko verarbeitet, bei denen weltweit große Reserven vorhanden sind. Bei der PEMEL, der SOEL-Elektrolyse und der Rückverstromung mittels SOFC-Brennstoffzellen gibt es hingegen einen Bedarf an Materialien mit hoher Risikoeinstufung. An der Reduzierung des Einsatzes von Edelmetallen bzw. an deren Substitu-

tionsmöglichkeiten bzw. Rückgewinnung wird zurzeit intensiv geforscht. Die Rohstoffrisiken sind für NRW insgesamt ähnlich („o“) wie für die Bundesebene.

4 Marktpotenziale

Da das Teilkriterium 3.1 eine weltweite Entwicklung beschreibt, gibt es im Allgemeinen keine Abweichung zwischen der Abschätzung für Deutschland bzw. für NRW.

In Nordrhein-Westfalen erfordern ambitionierte Klimaschutzziele eine überproportional große Elektrolyseleistung, saisonale Speicherung und umfangreiche Energietransport im Vergleich mit der Bundesebene (vgl. LBST 2019). Deshalb werden NRW insgesamt sowie die Rheinschiene im Besonderen als mögliche Verbrauchsschwerpunkte eingeschätzt und könnten 40% des Bedarfs in Deutschland beanspruchen (Lechtenböhrer et al 2019; 11).

Aufgrund der zukünftig überproportional starken, lokalen Nachfrage wird das Kriterium „Marktpotenzial“ für NRW als „viel stärker“ („++“) eingestuft als die Bewertung des Kriteriums für die Bundesebene.

5 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Der Aufbau einer grünen Wasserstoffinfrastruktur spielt langfristig eine besonders wichtige Rolle für NRW, um die Treibhausgasemissionen in den Sektoren Industrie, Verkehr und Energieversorgung nur auf die unvermeidbaren Restemissionen zu senken. Da sowohl der Strommix als auch die Industrie in NRW besonders hohe Emissionen im Vergleich zum gesamtdeutschen Niveau aufweisen, ist das Einsparpotenzial von THG-Emissionen überproportional hoch. Neben den vermiedenen THG-Emissionen finden weitere Emissionsreduktionen bei der Nutzung von Wasserstoff statt, wenn in der zukünftigen Energiewelt Wasserstoff fossile Kraftstoffe im Verkehrsbereich und in der chemischen und verarbeitenden Industrie substituiert. Entscheidend ist dabei, dass Wasserstoff aus erneuerbaren Quellen erzeugt wird.

Analog zu der überproportional hohen Bedeutung von H₂ in den Szenarien für NRW (Kriterium 3) weist das Technologiefeld Wasserstoff eine besonders starke positive Abweichung von der Bundesebene bei der Bewertung des Kriteriums „Beitrag zu Klima- und Emissionszielen“ („++“) auf.

6 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

Durch die verstärkte Nutzung von (klimaneutralem) Wasserstoff wird die Integration erneuerbarer Energien begünstigt. Weiterhin ermöglicht der Verbrauch von Wasserstoff als Grundstoff die Substitution von fossilen Kraftstoffen in der chemischen und verarbeitenden Industrie. Ähnlich wie bei Kriterium 4 spielt das Technologiefeld Wasserstoff eine überproportional hohe Rolle in NRW im Vergleich zur bundesdeutschen Ebene bei der Bewertung vom Kriterium „Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz“ („++“).

7 Kosteneffizienz

Die Kostenersparnisse für die Technologiefeld Wasserstoff wurden im Rahmen des TF-Energiewende Projektes unter Einbeziehung der Marktpotenziale, der vermiedenen Treibhausgasemissionen, der Wirkungsgrade, Brennstoffkosten und spezifischen

Investitionen der Referenztechnologie und der elektrolytischen Wasserstoffherstellung, der Zubau der installierten Leistung und Entwicklung der CO₂-Zertifikatspreise berechnet.

Durch die verstärkte Nutzung von Wasserstoff in NRW werden die durchschnittlichen Gestehungskosten für Strom und Wasserstoff reduziert. Dabei ist jedoch zu beachten, dass dadurch für die einzelnen Verbraucher für ausgewählte Wasserstoffanwendungen höhere Nutzerkosten entstehen können. Die Abschätzung der Kosten für das Verteilnetz, Ladeinfrastruktur bzw. Wasserstofftankstellen schwankt in der Fachliteratur in einer großen Bandbreite. Damit kann für dieses Kriterium keine eindeutige Aussage getroffen werden, so dass die Rolle als gleichbleibend („o“) eingestuft wird (vgl. LBST 2019; 161-162).

8 NRW Wertschöpfung

Nach Berechnungen von LBST (2019; 147) folgt die Wertschöpfung durch Wasserstoff, die Nordrhein-Westfalen zugeordnet werden kann, im Wesentlichen den gesamtdeutschen Trends. Jedoch ist durch die hohe Wasserstoffnachfrage in NRW sowie verbrauchernahe Errichtung von Elektrolyseuren und Speichern die entsprechende direkte Wertschöpfung aus in Nordrhein-Westfalen installierten Anlagen innerhalb NRWs überproportional hoch (vgl. LBST 2019 S. 147). Nach den Szenarien kann mit H₂-Nutzung zusätzliche Wertschöpfung von 10-50 Mrd. €/a in Deutschland generiert werden. Für Nordrhein-Westfalen entfallen davon ca. 1-10 Mrd. €/a, wenn für die regionale Verteilung die heutige Unternehmensstruktur der relevanten Branchen zugrunde gelegt wird.

Daher wird dieses Kriterium als sehr hoch („++“) für NRW eingeschätzt im Vergleich zur gesamtdeutschen Analyse, wenn keine signifikante Änderung in der aktuellen Industrie- und Branchenstruktur in NRW stattfindet.

9 Stand und Trends von F&E

9.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Alkalische Elektrolyse/Polymer-Elektrolyt-Membran-Elektrolyse/Hochtemperatur-Elektrolyse (ohne Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Im Bereich Alkalische Elektrolyse (AEL) erhalten Baden-Württemberg und Niedersachsen die meisten Mittel. Hinsichtlich der Polymer-Elektrolyt-Membran (PEMEL) können keine Aussagen getroffen werden; es wurden keine Bundesmittel für NRW bewilligt bzw. mglw. keine Projektanträge gestellt. Im Feld der Hochtemperatur-Elektrolyse (SOEL) erhält NRW fast doppelt so viele Mittel im Vergleich zum zweitplatzierten Sachsen.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	AEL: 6 (von 31) PEMEL: 0 (13) SOEL: 4 (14)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	AEL: 2 PEMEL: 0

Bewilligte Mittel		SOEL: 2
	In NRW in EUR	AEL: 3,7 Mio. PEMEL: 0 SOEL: 7,1 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	AEL: 3 PEMEL: 0 SOEL: 1
	Anzahl von Projekte über 1 Mio. EUR	AEL: 1 (7) PEMEL: 0 (0) SOEL: 2 (4)
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	AEL: 0,02 (Niedersachsen 0,08) PEMEL: 0 SOEL: 0,04 (Sachsen 0,09)
Bewertung		AEL: + (Platz 6) PEMEL: o (kein Projekt) SOEL: ++ (Platz 2)

9.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Bei der Förderung von Wasserstofftechnologien liegt NRW hinter Bayern und Hamburg auf Platz 3. Der Anteil für diese Technologie liegt bei etwa 4,1% der gesamten Fördersumme für Energie-relevant Forschung in NRW.

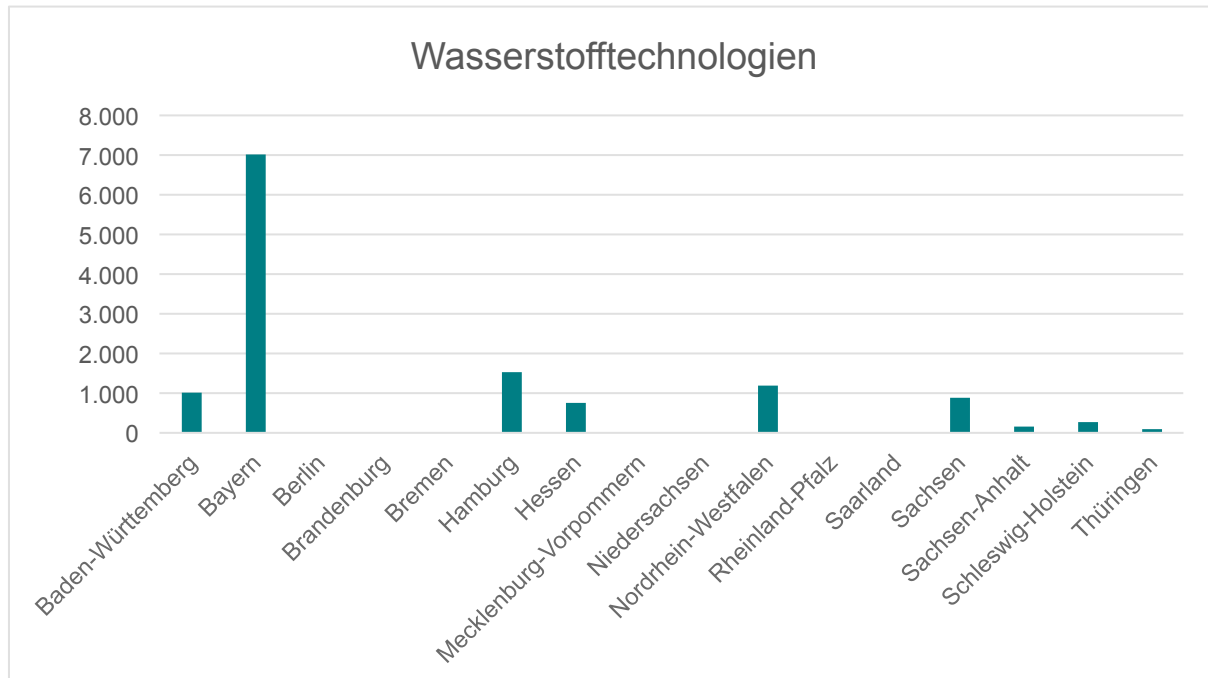


Abbildung 6 F&E Mittel der Bundesländer im Bereich Wasserstofftechnologien (in Tsd. EUR)

Quelle: eigene Darstellung basierend auf PtJ (2020)¹⁵

¹⁵ Projektträger Jülich (2020): Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Länder im Jahr 2018.

9.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich Wasserstofferzeugung bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern nur exemplarische Akteure umfassen:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	RWTH Aachen
	Thyssenkrupp Stahl, Duisburg und ThyssenKrupp Uhde Chlorine Engineers Dortmund
	Zentrum für Brennstoffzellen-Technik GmbH, Duisburg
	Fachhochschule Münster
	Forschungszentrum Jülich GmbH - Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK 3 und 14)
	Universität Duisburg Essen e.V.
	Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.
	Evonik
Verbände / Netzwerke	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW)
	Cluster Energieforschung (CEF.NRW) Düsseldorf
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	✓ Netzwerk Brennstoffzellen und Wasserstoff, Elektromobilität
	✓ Netzwerk Netze und Speicher

9.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- H₂BF – CO₂ Minderung durch Wasserstoff-Injektion am Hochofen
- REFHYNE – Wasserstoff-Elektrolyseanlage auf dem Gelände der Shell Rheinland Raffinerie (Wesseling)
- GET H₂ Nukleus / Element Eins /Hybridge
- ZBT: Elektrolyse-Testfeld
- Westnetz: Einspeisung H₂ ins Gasnetz Ibbenbüren
- H₂ Anwenderzentrum Herten: Testfeld für Windstrom-Elektrolyse
- Entwicklung zur alkalischen und PEM Wasserelektrolyse

9.5 Gesamtbewertung F&E

Diesem Technologiefeld kommt sowohl bei der Aufstellung der Forschungslandschaft als auch bei der Höhe der F&E Mittel eine höhere Bedeutung („+“) zu als im Bundesdurchschnitt:

- Durch Strategien und Programme zentrales Thema in Zukunft (Wasserstoffstrategie des Bundes, Wasserstoffstudie NRW des MWIDE).
- Die Forschungsgelder in NRW sind im Feld der Hochtemperatur-Elektrolyse (SOEL) besonders hoch - was für eine hohe Aktivität in diesem Bereich spricht
- International führende Institute an der RWTH Aachen und am Forschungszentrum Jülich.
- Große Beachtung der Wasserstoff-Projekte wie GetH₂ und REFHYNE.
- Weltweit größte PEM-Wasserstoff-Elektrolyse-Anlage (Shell Forschungsprojekt) in Köln-Wesseling.

10 Gesellschaftliche Akzeptanz

Gezielt für NRW stehen keine wissenschaftlichen Analysen über die gesellschaftliche Akzeptanz von Wasserstofftechnologien zur Verfügung. Im Jahr 2015 wurde eine Analyse „Sozialwissenschaftliche Begleitevaluation (Einstellungs- und Akzeptanzanalysen)“ im Forschungsprojekt „Entwicklung und Erprobung einer öffentlichen Wasserstofftankstelle nach neuestem Standard“ durchgeführt (Pietzner et al., 2015). Die Ergebnisse der Studie zur Akzeptanz der H₂-Technologie im Verkehrsbereich verdeutlichen, dass die Bevölkerung der Technologie im Zeitpunkt der Untersuchung positiv und offen gegenüber stand. Diese Untersuchung steht in Übereinstimmung mit der Einschätzung der gesellschaftlichen Akzeptanz von Wasserstofftechnologien im Projekt TF-Energiewende. Hinsichtlich des erheblich höheren Bedarfs an Wasserstoff für die energieintensive Industrie sind keine Untersuchungen bekannt. Daher wird die gesellschaftliche Akzeptanz von Wasserstoff in NRW als ähnlich zu der Bundesebene eingestuft („o“).

11 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Da sich die Indikatoren nur auf das Technologiefeld beziehen und unabhängig von den Infrastrukturen angegeben werden, gibt es keine Abweichung bei der Einschätzung zwischen NRW und Deutschland („o“).

12 Abhängigkeit von Infrastrukturen

Das Kriterium wird für NRW ähnlich wie für die Bundesebene eingeschätzt („o“), weil die Bewertung auf den speziellen Eigenschaften der Wasserstofftechnologien beruht.

13 Systemkompatibilität

Anwendungsfall 1: Wasserstoff als Speicher fluktuierender erneuerbarer Energieträger (Einzelanlage und Anlagenbestand)

Anwendungsfall 2: Wasserstoff als Kraftstoff für Brennstoffzellenautos (Einzelfahrzeug und Bestand)

Sowohl im Anwendungsfall 1 als auch im Anwendungsfall 2 wird das Kriterium Systemkompatibilität für NRW ähnlich wie für die Bundesebene eingeschätzt („o“), weil die Bewertung auf den speziellen Eigenschaften der Wasserstofftechnologien beruht.

14 Zusammenfassung

Basierend auf den zukünftigen Marktpotenzialen in NRW sowie auf dem konzentrierten Know-how und den Wertschöpfungsaussichten wird diese Technologie für NRW als „sehr viel relevanter“ als in Gesamtdeutschland bewertet.

4.2a TFE-NRW Technologiebewertung Power-to-Gas chemisch-katalytische Methanisierung

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7059/file/7059_Power-to-gas.pdf

1 Vorlaufzeiten

Die Vorlaufzeit bis zur Kommerzialisierung von chemisch-katalytisch erzeugtem, erneuerbarem Methan hängt unmittelbar mit der Kommerzialisierung von Wasserstoff als Energiespeicher/-träger zusammen. Es ergeben sich keine Unterschiede zur Bundesebene („o“).

2 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Die Methanisierungs-Technologien befinden sich in unterschiedlichen Entwicklungsstadien (TRL 4-8). Hier besteht kein Unterschied zur Bundesebene („o“).

Starker Ausbau von chemisch-katalytischen Methanisierungsanlagen führt zu steigendem Nickelverbrauch. Langfristig können so Nutzungskonflikte mit dem steigenden Nickel-Bedarf in der Stahlindustrie von NRW entstehen, daher („+“).

3 Marktpotenziale

Als bevölkerungsreichstes Bundesland hat NRW den höchsten Gasverbrauch, daher hohes Substitutionspotential durch Synthetisches Methan („+“), aber nicht höher als relativer Anteil von NRW an Bund, daher („o“) ¹⁶.

4 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Als bevölkerungsreichstes Bundesland hat NRW den höchsten Gasverbrauch, daher hohe Klimateinsparungen, wenn durch Synthetisches Erdgas substituiert (Prämissen: 100% Erneuerbaren-Anteil für Elektrolyse, CO₂ aus regenerativen Quellen). Gleichzeitig aufgrund benachteiligter Erneuerbaren-Dargebote in NRW voraussichtlich wenig grüner Überschussstrom und daher Nutzungskonkurrenzen mit anderen strombasierten Dekarbonisierungsmaßnahmen. Insgesamt höhere Bedeutung („+“).

5 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

Generell hoher Energie- und Ressourcenbedarf gegenüber der direkten Nutzung von H₂. Hier analog zur Bundesebene („o“).

6 Kosteneffizienz

Kosteneffizienz für NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern nachteilig, da schlechte Erneuerbaren-Potentiale, und daher unwirtschaftliche Auslastung der

¹⁶ Quelle: <https://www.lak-energiebilanzen.de>

Elektrolyseure („+“); bezieht sich allerdings stärker auf die vorausgehende H₂-Bereitstellung, bei reiner Betrachtung („o“).

7 NRW Wertschöpfung

Zur möglichen Wertschöpfung können keine Aussagen getroffen werden.

8 Stand und Trends von F&E

8.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Chemische Methanisierung (+Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Baden-Württemberg hat mit EUR 6,9 Mio. mehr als drei mal so viele Mittel bekommen als der zweitplatzierte NRW. Auch die beiden Projekte über EUR 1. Mio. wurden in Baden-Württemberg umgesetzt.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	5 (27)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	2
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	1,8 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	2
	Anzahl von Projekte über 1 Mio. EUR	0(2)
	Fördermittel pro Einwohner	0,01 (Baden-Württemberg 0,06)
Bewertung		+ (Platz 5)

8.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Es liegen keine konkreten Daten vor.

8.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich Power-to-Gas (Methanisierung chemisch-katalytisch) bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern nur exemplarische Akteure umfassen:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen
	Forschungszentrum Jülich GmbH – Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK 5) – Photovoltaik; Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK 14) – Kraftstoffsynthese und Systemtechnik
	Universität Siegen - Fakultät IV - Department Maschinenbau - Lehrstuhl für Energie- und Umweltverfahrenstechnik
	Zentrum für Brennstoffzellentechnik (ZBT) Duisburg
	Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.
	Virtuelles Institut Strom zu Gas und Wärme
Verbände / Netzwerke	Custer Energieforschung (CEF.NRW), Düsseldorf
	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW)

Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten

- ✓ Netzwerk Brennstoffzellen und Wasserstoff, Elektromobilität
- ✓ Netzwerk Kraftstoffe und Antriebe

8.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- Carbon2Chem (ThyssenKrupp)
- CFC-PtG: Schaumkeramiken mit nanostrukturierten katalytischen Beschichtungen für Power-to-Gas Anwendungen; Teilprojekt: Erzeugung der Nanostrukturen und Charakterisierung der katalytischen Eigenschaften und Oberflächenstrukturen
- TuKaN - Tunnelkontakte auf N-Typ: für die Metallisierung mit Siebdruck, Teilvorhaben: Herstellung von Solarzellen mit passivierendem Tunnelkontakt und funktionalen Schichten aus katalytischer und plasmaunterstützter chemischer Gasphasenabscheidung
- Virtuelles Institut – Storm zu Gas und Wärme
- P2X-Plattform Herne (SPIN-Projekt)

8.5 Gesamtbewertung F&E

Bei diesem Technologiefeld ist hinsichtlich der Aufstellung der Forschungslandschaft kein Unterschied („o“) zum Bundesdurchschnitt festzustellen. Bei der Höhe der F&E Mittel kommt ihm eine höhere Bedeutung („+“) zu:

- Es fließt ein großer Teil der Forschungsgelder des Bundes und des Landes nach NRW.
- Eine besonders hohe Relevanz des Technologiefeldes im Vergleich zu anderen Feldern und anderen Bundesländern wird von den ExpertInnen nicht gesehen.

9 Gesellschaftliche Akzeptanz

Akzeptanz ähnlich zur Bundesebene, da keine Untersuchungen („o“).

10 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Es könnten durch den starken Ausbau von Methanisierungsanlagen und dem damit verbundenen Bedarf an CO₂ Pfadabhängigkeiten resp. Lock In-Effekte für fossil-basierte industrielle Prozesse entstehen, welche in NRW eine besondere Bedeutung haben. Allerdings ist dies nur eine Möglichkeit, und die Herausforderung bei der Wahl der C-Quelle für Syntheseverfahren ist eine grundsätzliche, keine zwingend NRW-spezifische. Daher keine Abweichung („o“).

11 Abhängigkeit von Infrastrukturen

Das Kriterium „Abhängigkeit von Infrastrukturen“ wird für NRW ähnlich wie für die Bundesebene eingeschätzt („o“), weil die Bewertung auf den speziellen Eigenschaften der Methanisierungsanlagen beruht (keine besondere Infrastruktur nötig, wenn bisher auch Gasversorgung stattfand).

12 Systemkompatibilität

Kein Unterschied zur Bundesebene („O“), weil die Bewertung auf den speziellen Eigenschaften der Methanisierungsanlagen beruht (keine Änderung, wenn bisher auch Gasversorgung stattfand).

13 Zusammenfassung

Insgesamt wird die Bedeutung der chemisch-katalytischen Methanisierung für NRW als „*relevanter*“ als in Gesamtdeutschland bewertet.

4.2b TFE-NRW Technologiebewertung Power-to-Gas biologische Methanisierung

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7060/file/7060_Power-to-gas.pdf

1 Vorlaufzeiten

Die Vorlaufzeit bis zur Kommerzialisierung von biologisch erzeugtem, erneuerbarem Methan hängt unmittelbar mit der Kommerzialisierung von Wasserstoff als Energiespeicher/-träger zusammen. Es ergeben sich keine Unterschiede zur Bundesebene („o“).

2 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Die einzelnen Methanisierungs-Technologien befinden sich in unterschiedlichen Entwicklungsstadien. Hier kein Unterschied zu Bundesebene (o).

Im Gegensatz zur chemisch-katalytischen Methanisierung keine NRW-spezifischen Risiken (o).

3 Marktpotenziale

Als bevölkerungsreichstes Bundesland hat NRW den höchsten Gasverbrauch, daher hohes Substitutionspotential durch synCH₄ (+), aber nicht höher als relativer Anteil von NRW an Bund, daher („o“) ¹⁷.

4 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Als bevölkerungsreichstes Bundesland hat NRW den höchsten Gasverbrauch, daher hohe Klimateinsparungen, wenn durch Synthetisches Erdgas substituiert (Prämissen: 100% Erneuerbaren-Anteil für Elektrolyse, CO₂ aus regenerativen Quellen). Gleichzeitig aufgrund benachteiligter Erneuerbaren-Dargebote in NRW voraussichtlich wenig grüner Überschussstrom und daher Nutzungskonkurrenzen mit anderen strombasierten Dekarbonisierungsmaßnahmen. Insgesamt höhere Bedeutung („+“).

5 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

Generell hoher Energie- und Ressourcenbedarf gegenüber der direkten Nutzung von H₂. Hier analog zur Bundesebene („o“).

6 Kosteneffizienz

Kosteneffizienz für NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern nachteilig, da schlechte Erneuerbaren-Potentiale; daher unwirtschaftliche Auslastung der Elektrolyseure („+“, bezieht sich allerdings stärker auf die vorausgehende H₂-Bereitstellung), bei reiner Betrachtung („o“).

¹⁷ Quelle: <https://www.lak-energiebilanzen.de/>

7 NRW Wertschöpfung

Zur möglichen Wertschöpfung können keine Aussagen getroffen werden.

8 Stand und Trends von F&E

8.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Biologische Methanisierung (ohne Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Schleswig-Holstein hat im Bereich biologische Methanisierung die meisten Mittel bewilligt bekommen (allerdings mit nur einem Projekt), dahinter Baden-Württemberg, Bayern, Niedersachsen und Hessen.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	2 (51)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	2
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	391.000
	Platzierung NRW im Ländervergleich	8
	Anzahl von Projekte über 1 Mio. EUR	0 (4)
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	0,00 (Schleswig-Holstein 0,20)
Bewertung		o (Platz 11)

8.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Es liegen keine konkreten Daten vor.

8.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich Power-to-Gas (Methanisierung biologisch) bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern umfasst nur exemplarische Akteure:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Universität Duisburg Essen
	Ruhr-Universität Bochum
	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTH) - Fakultät 5 - Georessourcen und Materialtechnik - Lehr- und Forschungsgebiet Technologie der Energierohstoffe (TEER), Aachen
	Virtuelles Institut Strom zu Gas und Wärme
Verbände / Netzwerke	Cluster Energieforschung (CEF.NRW), Düsseldorf
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	✓ Netzwerk Brennstoffzellen und Wasserstoff, Elektromobilität

8.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- IntenseMethane - Prozessintensivierung und -flexibilisierung einer mit Bioabfall betriebenen Trockenfermentationsanlage durch die biologische Methanisierung von wasserstoffreichen Synthesegasen; Teilvorhaben: Analyse, Bilanzierung und Bewertung des Biomassevergasungsprozesses

- Virtuelles Institut – Storm zu Gas und Wärme

8.5 Gesamtbewertung F&E

Bei diesem Technologiefeld ist sowohl hinsichtlich der Aufstellung der Forschungslandschaft als auch der Höhe der F&E Mittel kein Unterschied ("o") zum Bundesdurchschnitt festzustellen:

- Es befinden sich derzeit 6 PtG-Anlagen in NRW, davon nur eine Methanisierungsanlage (biologisch).
- Die Forschungsgelder des Bundes sprechen für geringe Aktivitäten in diesem Bereich.

9 Gesellschaftliche Akzeptanz

Akzeptanz ähnlich zu Bundesebene, da keine Untersuchungen („o“).

10 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Es könnten durch den starken Ausbau von Methanisierungsanlagen und dem damit verbundenen Bedarf an CO₂ Pfadabhängigkeiten resp. Lock In-Effekte für fossilbasierte industrielle Prozesse entstehen, welche in NRW eine besondere Bedeutung haben. Allerdings ist dies nur eine Möglichkeit und die Herausforderung bei der Wahl der C-Quelle für Syntheseverfahren ist eine grundsätzliche, keine zwingend NRW-spezifische. Daher keine Abweichung („o“).

11 Abhängigkeit von Infrastrukturen

Das Kriterium „Abhängigkeit von Infrastrukturen“ wird für NRW ähnlich wie für die Bundesebene eingeschätzt („o“), weil die Bewertung auf den speziellen Eigenschaften der Methanisierungsanlagen beruht (keine besondere Infrastruktur nötig, wenn bisher auch Gasversorgung stattfand).

12 Systemkompatibilität

Kein Unterschied zur Bundesebene („o“), weil die Bewertung auf den speziellen Eigenschaften der Methanisierungsanlagen beruht (keine Änderung, wenn bisher auch Gasversorgung stattfand).

13 Zusammenfassung

Insgesamt wird die Bedeutung der biologischen Methanisierung für NRW als „*relevanter*“ als in Gesamtdeutschland bewertet.

4.3 TFE-NRW Technologiebewertung Power-to-Liquids/-chemicals

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7061/file/7061_Power-to-liquids.pdf

1 Vorbemerkung

Im Folgenden werden betrachtet

- A: Power-to-Liquids (PtL)
- B: Power-to-Chemicals (PtC)

2 Vorlaufzeiten

Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („0“):

- A: Vorlaufzeit rund 10-15 Jahre bis zur Kommerzialisierung
- B: Vorlaufzeit rund 10 Jahre bis zur Kommerzialisierung

3 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Entwicklungsstadium: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („0“).

- A: TRL = 5-8
- B: TRL = 4-9

Technisches und wirtschaftliches Risiko: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („0“).

- A: „eher gering bis eher hoch“
- B: „eher gering bis hoch“

Rohstoffrisiken: Kein Unterschied zwischen NRW und der deutschlandweiten Einschätzung (Katalysatormaterialien) („0“).

4 Marktpotenziale

Die folgenden Einschätzungen beziehen sich nur auf das *NRW-Marktpotenzial*.

- A: In Bezug auf PtL dürfte in NRW kein Unterschied zu Deutschland insgesamt bestehen, geht man von einer gleichmäßigen Verteilung des flüssigkraftstoffbetriebenen Verkehrs in Deutschland aus.
- B: Aufgrund der hohen Dichte von Anlagen zur Grundstoffchemie in NRW dürften in Zukunft jedoch synthetische *Basischemikalien* (auf Basis von erneuerbaren Energien) in NRW überproportional viel produziert werden.

Es wird daher insgesamt von einem höheren Marktpotenzial in NRW ausgegangen („+“).

5 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen, geht man von einer gleichmäßigen Verteilung der Nachfrage nach Kraftstoffen und Chemikalien in Deutschland und den daraus resultierenden Emissionsmengen aus („0“).

6 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

Aufgrund der im Vergleich zu anderen Bundesländern hohen Dichte an Chemiestandorten dürfte in NRW ein überproportional hoher Anteil der Produktion von PtL und PtC und damit auch ein entsprechend höherer zusätzlicher Primärenergieverbrauch im Vergleich zur Referenz auf NRW entfallen („++“).

7 Kosteneffizienz

Analog zur Energieeffizienz dürften in NRW auch entsprechend überproportional höhere zusätzliche Kosten im Vergleich zur Referenz auf NRW entfallen („++“).

8 NRW Wertschöpfung

Aufgrund der im Vergleich zu anderen Bundesländern hohen Dichte an Chemiestandorten dürfte auf NRW ein überproportional hoher Anteil an der Wertschöpfung durch PtL und PtC entfallen („++“).

9 Stand und Trends von F&E

9.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Power to liquids (ohne Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

NRW erhält ähnlich viele Mittel wie das führende Bundesland Baden-Württemberg (EUR 10,3 Mio.), wobei NRW die Mittel auf weniger Projekte bündelt als Baden-Württemberg.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	14 (von 76)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	3
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	9,6 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	2
	Anzahl von Projekte über 1 Mio. EUR	2(8)
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	0,05 (Bremen 0,18)
Bewertung		+ (Platz 4)

9.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ Länderberichte

Es liegen keine konkreten Daten vor.

9.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich Power-to-liquids bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern nur exemplarische Akteure umfassen:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Forschungszentrum Jülich – Institut für Energie- und Klimaforschung
	Ruhr-Universität Bochum - Fakultät für Maschinenbau - Institut für Werkstoffe - Werkstoffe der Mikrotechnik, Bochum
Verbände / Netzwerke	
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	✓ Netzwerk Kraftwerke und Antriebe der Zukunft

9.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- C3-Mobility - Closed-Carbon Cycle Mobility, Klimaneutrale Kraftstoffe für den Verkehr der Zukunft; Teilvorhaben: Höhere Alkohole - Syntheserouten, Katalyse und verfahrensanalytische Bewertung
- Entwicklung eines schadstoffarmen Brennerkonzepts zum Einsatz alternativer gasförmiger und flüssiger Brennstoffe (a) Hochdruckversuche

9.5 Gesamtbewertung F&E

Diesem Technologiefeld kommt sowohl bei der Aufstellung der Forschungslandschaft als auch bei der Höhe der F&E Mittel eine höhere Bedeutung („+“) zu als im Bundesdurchschnitt:

- Durch die Bundesförderung enthält NRW ähnlich viele Mittel wie das führende Bundesland Baden-Württemberg, allerdings werden primär Demo-Vorhaben umgesetzt
- Während der ExpertInnen-Gespräche wurde auf die hohe Relevanz für NRW hingewiesen.

10 Gesellschaftliche Akzeptanz

Mangels Untersuchungen hierzu kein Unterschied zwischen NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“) (kaum Zustimmung bzw. Unterstützung für CCS in der deutschen Bevölkerung).

11 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen („o“) (hohe Pfadabhängigkeit aufgrund der langen Lebensdauer der Produktionsanlagen).

12 Abhängigkeit von Infrastrukturen

Aufgrund der im Vergleich zu anderen Bundesländern hohen Dichte an Chemiestandorten dürfte NRW überproportional hoch von Infrastrukturen abhängen („++“).

13 Systemkompatibilität

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen („o“) (systemkompatibel).

14 Zusammenfassung

Insgesamt wird die Bedeutung von PtL/PtC für NRW als „*sehr viel relevanter*“ als in Gesamtdeutschland bewertet.

4.4 TFE-NRW Technologiebewertung CO₂-Abtrennung aus Faulgasen und Umgebungsluft

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7062/file/7062_CO2-Abtrennung.pdf

1 Vorbemerkung

Hinweis: Im Folgenden wurde nur die CO₂-Abtrennung aus der Umgebungsluft betrachtet, da hinsichtlich der Abtrennung aus Faulgasen kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland gesehen wird.

2 Vorlaufzeiten

Kein Unterschied zwischen NRW und der deutschlandweiten Einschätzung (keine kommerzielle Inbetriebnahme im großskaligen Maßstab vor 2030, auch dann vermutlich erst konkurrenzfähige Kosten von 100\$/t CO₂) („o“).

3 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Entwicklungsstadium: Kein Unterschied zwischen NRW und der deutschlandweiten Einschätzung (sehr unterschiedliche Angaben zum TRL, zwischen 1 und 6, auch 9) („o“).

Technisches und wirtschaftliches Risiko: Kein Unterschied zwischen NRW und der deutschlandweiten Einschätzung (eher geringes technisches Risiko, hohes wirtschaftliches Risiko, da abhängig von der Entwicklung eines CO₂-Marktes) („o“).

Rohstoffrisiken: bisher noch nicht analysiert, ggf. Ergebnisse aus Forschungsprojekt „Mena-Fuels“ verfügbar.

4 Marktpotenziale

Die folgenden Einschätzungen beziehen sich nur auf das *NRW-Marktpotenzial*.

Hinsichtlich des Marktpotenzials für den Einsatz von DAC zur Erzielung „negativer Emissionen“ wird kein Unterschied im Vergleich zur Bewertung für ganz Deutschland angenommen und von einer gleichmäßigen Aufteilung von DAC-Anlagen auf alle Bundesländer ausgegangen. Auch in Bezug auf den Bedarf von CO₂ zur Herstellung von synthetischen *Kraftstoffen* dürfte in NRW kein Unterschied zu Deutschland insgesamt bestehen, geht man von einer gleichmäßigen Verteilung des LKW- und des Flugverkehrs in Deutschland aus.

Aufgrund der hohen Dichte von Anlagen zur Grundstoffchemie in NRW dürften in Zukunft jedoch synthetische *Basischemikalien* (auf Basis von erneuerbaren Energien) in NRW überproportional viel produziert werden.

Auch das große Abwärmepotenzial der Industrie in NRW könnte ein Vorteil zur entsprechenden Installation von DAC-Anlagen sein.

Es wird daher insgesamt von einem überproportional hohen Marktpotenzial in NRW ausgegangen („++“). Gleichzeitig sollte jedoch darauf hingewiesen werden, dass es bisher keinen Hersteller von DAC-Anlagen in Deutschland gibt.

5 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Dieses Kriterium kann hier nicht angewendet werden, da DAC nicht mit einer Referenztechnologie verglichen werden kann.

6 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

Dieses Kriterium kann hier nicht angewendet werden, da DAC nicht mit einer Referenztechnologie verglichen werden kann.

Betrachtet man den Eigenverbrauch der Anlagen selber, so wird analog zum Marktpotenzial insgesamt auch von einem relativ gesehen überproportional hohen Energie- und Flächenverbrauch durch DAC in NRW ausgegangen. Im Falle, dass Niedrigtemperatur-DAC angewandt werden, wird kein Wasser verbraucht, sondern aus der Umgebungsluft mit ausgefiltert. Bei Hochtemperatur-DAC würde auch der Wasserverbrauch entsprechend steigen.

7 Kosteneffizienz

Dieses Kriterium kann hier nicht angewendet werden, da DAC nicht mit einer Referenztechnologie verglichen werden kann.

Betrachtet man die Kosten der Anlagen, so wird analog zum Marktpotenzial insgesamt auch von relativ gesehen überproportional hohen Kosten durch DAC in NRW ausgegangen.

8 NRW Wertschöpfung

Da es bisher keinen Hersteller von DAC-Anlagen in Deutschland gibt, konnte noch kein Wertschöpfungspotenzial abgeleitet werden. Ausgehend vom überproportional hohen Bedarf und auch vom überproportional starken Anlagenbau und der Chemieindustrie in NRW wird jedoch davon ausgegangen, dass die potenzielle Wertschöpfung in NRW überproportional hoch sein könnte („++“).

9 Stand und Trends von F&E

9.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Druckwechselabsorption / Aminwäsche / Membranverfahren (+Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Bei der Suche wurden ausschließlich Begriffe verwendet, die in der enArgus Datenbank verschlagwortet waren. Daher stellt die folgende Analyse nur einen Ausschnitt der Fördersumme im Technologiefeld dar. In den ausgewählten Fokustechnologien ist NRW auf Platz eins; sowohl was die Anzahl der Projekte als auch die Höhe der Fördermittel angeht.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	Druckwechseladsorption 34 (von 51) Aminwäsche: 9 (von 19) Membranverfahren: 26 (von 115)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	Druckwechseladsorption 1 Aminwäsche: 1

Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	Membranverfahren: 1 Druckwechseladsorption: 32,66 Mio. Aminwäsche: 11,42 Mio. Membranverfahren: 13,61 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	Druckwechseladsorption: 1 Aminwäsche: 1 Membranverfahren: 1
	Anzahl von Projekte über 1 Mio. EUR	Druckwechseladsorption: 11 (von 12) Aminwäsche: 6 (von 7) Membranverfahren: 3 (von 14)
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	Druckwechseladsorption: 0,18 Aminwäsche: 0,06 Membranverfahren: 0,08 (Hamburg 0,23)
Bewertung		Druckwechseladsorption: ++ (Platz 1) Aminwäsche: ++ (Platz 1) Membranverfahren: + (Platz 5)

9.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Es liegen keine konkreten Daten vor.

9.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich CO₂-Abtrennung aus Umgebungsluft bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern umfasst nur exemplarische Akteure:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Forschungszentrum Jülich
	RWTH Aachen
	Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT), Oberhausen
	Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion, Mülheim an der Ruhr
Verbände / Netzwerke	
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	✓ Netzwerk Kraftstoffe und Antriebe der Zukunft

9.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- Verbundvorhaben PowerFuel - Demonstration und Potenzialanalyse neuer Technologien zur Sektorkopplung für die Erzeugung von Synthesekraftstoff aus Kohlenstoffdioxid; Teilprojekt Climeworks „Bereitstellung einer nachhaltigen Kohlenstoffdioxid Quelle durch direkte CO₂-Abscheidung aus der Umgebungsluft“
- Carbon2Chem-L3: Gasreinigung - Teilvorhaben: Katalytische und adsorptive Gasreinigung
- MemKoR - Membranverfahren für die Abtrennung von Kohlendioxid aus Kraftwerksrauchgasen; Teilprojekt: Herstellung von Membranen, Modellierung und Tests im Kraftwerk Forschungszentrum Jülich GmbH

9.5 Gesamtbewertung F&E

Bei diesem Technologiefeld ist sowohl hinsichtlich der Aufstellung der Forschungslandschaft als auch der Höhe der F&E Mittel kein Unterschied ("o") zum Bundesdurchschnitt festzustellen:

- Auch wenn einige Projekte in NRW umgesetzt werden, so gibt es sonst keine Hinweise, dass es hier einen Schwerpunkt in NRW gibt. Auch aus den ExpertInnen-Gesprächen gibt es keine Anhaltspunkte, die Relevanz höher einzustufen.

10 Gesellschaftliche Akzeptanz

Zu diesem Kriterium gab es in der Studie „TF-Energiewende“ mangels Daten keine Aussage. Es wird davon ausgegangen, dass es ebenfalls keinen Unterschied zur Bundesebene gibt („o“).

11 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung (keine oder geringe Pfadabhängigkeit bei der Nutzung von DAC für Syntheseprozesse, hohe Pfadabhängigkeit im Falle der Nutzung für negative Emissionen) („o“).

12 Abhängigkeit von Infrastrukturen

Analog zum Marktpotenzial wird auch von einem relativ gesehen überproportional hohen Bedarf an Infrastrukturen für DAC in NRW ausgegangen (Bezug von Wärme und Strom, Abtransport von CO₂, ggf. Bedarf an Wasser) („++“).

13 Systemkompatibilität

Auch wenn in „TF-Energiewende“ ein erhöhter Wärme-, Strom- und Flächenbedarf abgeschätzt wurde, dürfte die Nutzung von DAC-Anlagen mit dem bisherigen Energiesystem kompatibel sein. Ausgehend vom erhöhten Marktpotenzial in NRW wird von einem relativ gesehen überproportional hohen zusätzlichen Bedarf insbesondere an Strom und Flächen ausgegangen, der eine geringere Systemkompatibilität bedeuten könnte („-“).

14 Zusammenfassung

Insgesamt wird die Bedeutung von DAC für NRW basierend insbesondere auf den Kriterien Marktpotenzial, Wertschöpfung und Abhängigkeit von Infrastrukturen als „sehr viel relevanter“ als in Gesamtdeutschland bewertet.

5.1 **TFE-NRW Technologiebewertung Energieeffiziente Gebäude und Gebäudetechnik**

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7063/file/7063_Gebaeudetechnik.pdf

1 **Allgemeine Einordnung**

Die in diesem Technologiefeld untersuchten Technologien in den Anwendungsbereichen „Gebäudehülle und Bautechnik“, „Gebäudesystemtechnik“ sowie „Planung und Gebäudebetrieb“ und auch das Querschnittsfeld „Quartiersperspektive“ unterscheiden sich im Wesentlichen nicht zwischen NRW und Gesamtdeutschland. Da die Maßnahmen breit gestreut angewendet werden können und auch die in Frage kommenden Firmen (Hersteller, Handwerksbetriebe, Architekten u. s. w.) überall vertreten sind, werden die folgenden Kriterien als i. W. gleichbedeutend mit der Bewertung auf Bundesebene angesehen:

- 1 | Vorlaufzeiten
- 2 | F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)
- 3 | Marktpotenziale
- 4 | Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen
- 5 | Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz
- 6 | Kosteneffizienz
- 7 | NRW Wertschöpfung
- 9 | Gesellschaftliche Akzeptanz
- 10 | Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit
- 11 | Abhängigkeit von Infrastrukturen
- 12 | Systemkompatibilität

Unterschiede könnten beim Kriterium 8 „Stand und Trends von F&E im internationalen Vergleich“ bestehen, so dass dieses im Folgenden gesondert betrachtet wird.

2 **Kriterium 8: Stand und Trends von F&E**

2.1 **Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank**

Stichwort bei der Suche: energieeffiziente Gebäudetechnik (+Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Baden-Württemberg ist hier führend, etwa gleich auf danach sind NRW, Hessen und Bayern.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	22 (von 145)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	2
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	12,9 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	2
	Anzahl von Projekte über 1 Mio. EUR	2
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	0,07 (Sachsen 0,23)
Bewertung		o (Platz 8)

2.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Die Förderung im Bereich Gebäudeeffizienz ist in NRW im Vergleich zu anderen Bundesländer moderat. Hessen, Bayern und Baden-Württemberg teilen die Spitzenplätze unter sich auf. Der Anteil der Mittel im TF betragen 4% der Gesamtmittel für Energie-relevante Forschung.

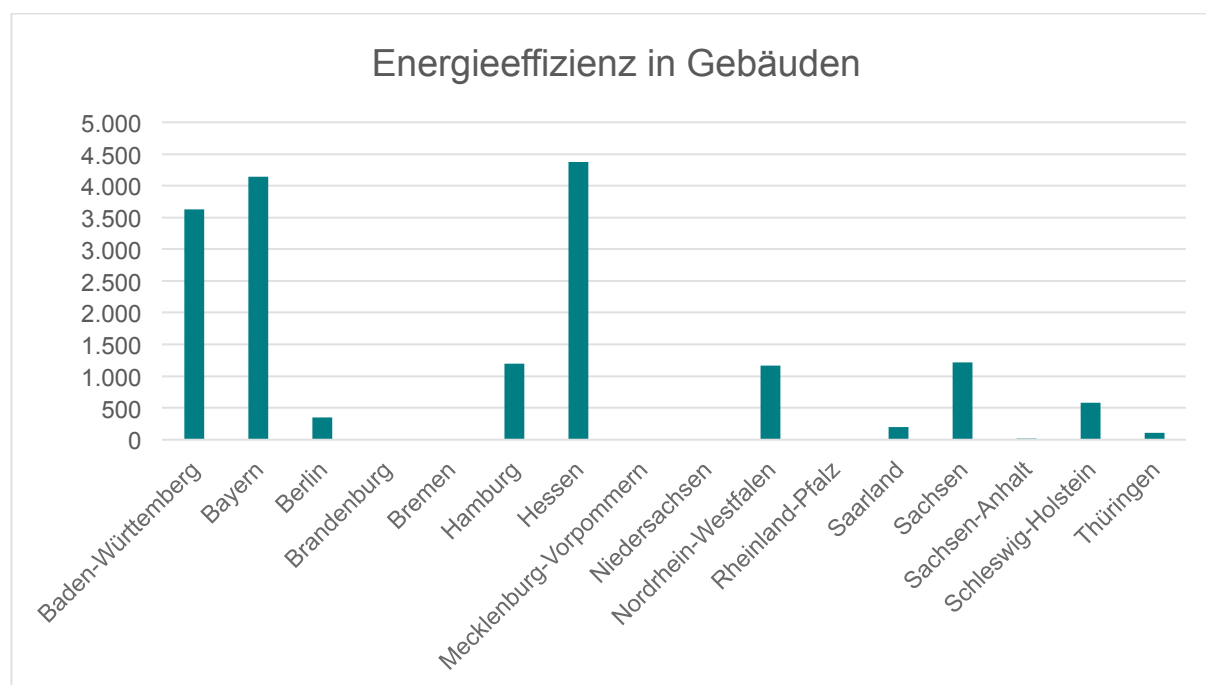


Abbildung 7 F&E Mittel der Bundesländer im Bereich Energieeffizienz in Gebäuden (in Tsd. EUR)

Quelle: eigene Darstellung basierend auf PtJ (2020)¹⁸

2.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich energieeffizienter Gebäudetechnik bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern nur exemplarische Akteure umfassen:

Akteure

¹⁸ Projektträger Jülich (2020): Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Länder im Jahr 2018.

Forschungseinrichtungen	Hochschule Düsseldorf - ZIES – Zentrum für Innovative Energiesysteme
	Forschungszentrum Jülich
	Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML, Dortmund
	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
	E.ON Research, Aachen
	Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.
	Hochschule Ruhr-West, Mülheim an der Ruhr
Verbände / Netzwerke	Industrieverband Technische Gebäudeausrüstung NRW, Düsseldorf
	Cluster Energieforschung NRW, Düsseldorf
	Netzwerk der Energieagentur NRW - Energieeffizientes und solares Bauen, Düsseldorf
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	✓ Netzwerk Energieeffizientes und solares Bauen

2.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- EnEff:Stadt
- EnOB: MEET Lichtplanung - Methoden zur effektiven Erschließung von Energieeinsparpotentialen in der Kunst- und Tageslichtplanungspraxis von Gebäuden; Teilvorhaben: Implementation in Lichtplanungssoftware

2.5 Gesamtbewertung F&E

Bei diesem Technologiefeld ist sowohl hinsichtlich der Aufstellung der Forschungslandschaft als auch der Höhe der F&E Mittel kein Unterschied ("o") zum Bundesdurchschnitt festzustellen:

- Auch wenn einige Forschungseinrichtungen im Bereich „Energieeffiziente Gebäude“ forschen, so sind die F&E Mittel sowohl auf Bundesebene als auch auf Landesebene sehr begrenzt.
- Von den ExpertInnen wurde die Relevanz nicht höher eingeschätzt im Vergleich zu anderen Technologiefeldern.

3 Zusammenfassung

Insgesamt wird für das Technologiefeld „*kein Unterschied*“ zwischen NRW und Gesamtdeutschland gesehen.

6.1 TFE-NRW Technologiebewertung Energieeffiziente Prozess-technologien

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7064/7064_Prozesstechnologien.pdf

1 Vorbemerkung

Im Folgenden bedeuten

- A: Eisen- und Stahlherstellung (inkl. vertiefender Betrachtung von Wasserstoff-Direktreduktion DRI und Hisarna)
- B: Papierherstellung (inkl. vertiefender Betrachtung von Black-liquor Vergasung und Chemischen Fasermodifikation)
- C: Zementherstellung (inkl. vertiefender Betrachtung von Low-Carbon Zementen und Oxyfuel Verfahren)

2 Vorlaufzeiten

Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“):

- A: Vorlaufzeit bis 2040/50 (DRI) bzw. 2030/40 (Hisarna)
- B: Vorlaufzeit bis 2020
- C: Vorlaufzeit bis 2030

3 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Entwicklungsstadium: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“).

- A: H₂-DRI: Technologieentwicklung (TRL = 4); Hisarna: Demonstration (TRL=6)
- B: Black-liquor gasification: Demonstration (TRL =8); Chem. Fasermodifikation: Demonstration (TRL = 7)
- C: Low-Carbon Zemente: Demonstration (TRL = 6); Oxyfuel Verfahren: Demonstration (TRL = 6)

Technisches und wirtschaftliches Risiko: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“).

- A: DRI: Technisches Risiko gering, wirtschaftliches Risiko hoch
- A: Hisarna: Technisches Risiko eher gering, wirtschaftliches Risiko eher hoch
- B: Black-liquor gasification: Technisches Risiko gering, wirtschaftliches Risiko eher hoch
- B: Chem. Fasermodifikation: Technisches Risiko eher gering, wirtschaftliches Risiko eher gering
- C: Low-Carbon Zemente: Technisches Risiko eher hoch, wirtschaftliches Risiko eher hoch
- C: Oxyfuel Verfahren: Technisches Risiko eher gering, wirtschaftliches Risiko eher hoch

Rohstoffrisiken: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“).

4 Marktpotenziale

Die folgenden Einschätzungen beziehen sich nur auf das *NRW-Marktpotenzial*.

- A: Aufgrund der hohen Dichte an Primärstahlerzeugung in NRW wird das Marktpotenzial NRW als überproportional hoch eingeschätzt („++“).
- B und C: Aufgrund der über ganz Deutschland verteilten Standorte wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen („o“).

5 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

- A: Analog zum Marktpotenzial wird der Beitrag von NRW zu den Klimazielen als überproportional hoch eingeschätzt („++“).
- B und C: Analog zum Marktpotenzial wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen („o“).

6 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

- A: Analog zum Marktpotenzial wird der Beitrag von NRW zur Energie- und Ressourceneffizienz als überproportional hoch eingeschätzt („++“).
- B und C: Analog zum Marktpotenzial wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen („o“).

7 Kosteneffizienz

- A: Analog zum Marktpotenzial wird der Beitrag von NRW zur Kosteneffizienz als überproportional hoch eingeschätzt („++“).
- B und C: Analog zum Marktpotenzial wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen („o“).

8 NRW Wertschöpfung

Es wird zunächst davon ausgegangen, dass es hinsichtlich der Wertschöpfung keinen Unterschied zwischen NRW und der deutschlandweiten Einschätzung gibt, da der Maschinen- und Anlagenbau, die Halbleiterindustrie und die Automobilindustrie breit gestreut sind („o“). Dazu wäre eine genauere Firmenanalyse nötig.

9 Stand und Trends von F&E

9.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Prozesstechnologien (+Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Nach Beurteilung der bewilligten Summe nimmt Baden-Württemberg den ersten Platz im Bereich der Prozesstechnologien ein. Etwa ein gleich hohes Fördervolumen geht an NRW, Hessen, Bayern, Niedersachsen und Sachsen.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	200 (von 1030)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	2
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	106,6 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	2
	Anzahl von Projekte über 1 Mio. EUR	20
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	0,59 (Baden-Württemberg 2,16)
Bewertung		o (Platz 8)

9.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Das PtJ (2020)¹⁹ fasst Prozesstechnologien und Querschnittstechnologien in der Industrie in eine Kategorie zusammen.

9.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich energieeffiziente Prozesstechnologien bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern umfasst nur exemplarische Akteure:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Ruhr-Universität Bochum
	RWTH Aachen
	Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen
	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Köln
	RIF e.V. Institut für Forschung und Transfer, Dortmund
	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie, Aachen
	Forschungszentrum Jülich
Verbände / Netzwerke	Landesverband NRW des BDEW, Düsseldorf
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	X

9.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- Feel3D: Energie- und Ressourceneinsparung in der dekorativen Plattenbeschichtung mittels 3D-Digitaldruck für haptische, fühlbare Strukturen
- Entwicklung eines innovativen Fertigungsprozesses zur material- und energieeffizienten Herstellung und Demonstration eines Leichtbau-Kunststoff-Behälters

9.5 Gesamtbewertung F&E

Diesem Technologiefeld kommt bei der Aufstellung der Forschungslandschaft eine höhere Bedeutung („+“) und bei der Höhe der F&E Mittel eine überproportional höhere Bedeutung („++“) zu als im Bundesdurchschnitt:

- Im Bereich Stahl und Zement Technologieführerschaft.

¹⁹ Projektträger Jülich (2020): Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Länder im Jahr 2018.

- Im ExpertInnen-Gespräch ist die hohe Relevanz verdeutlicht worden durch die Forschungsaktivitäten der Unternehmen (Evonik, Merk) und den in der enArgus-Datenbank nicht ersichtlichen Mittelabfluss im Bereich der Fertigungstechnik und chemischen Verfahrenstechnik.

10 Gesellschaftliche Akzeptanz

Mangels Untersuchungen hierzu kein Unterschied zwischen NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“) („eher hohe Marktakzeptanz, ggf. eingeschränkt durch hohe Investitionen oder Amortisationszeiten; hohe sozialpolitische Akzeptanz; eher hohe lokale Akzeptanz, ggf. beeinträchtigt durch CCU oder CCS vor Ort“).

11 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen („o“) („auf Ebene einzelner Technologiekomponenten bestehen reale Nutzungsdauern von über 20 Jahren (Stahl- und Papierherstellung) und länger (Zementherstellung); teilweise hohe Investitionen notwendig (z. B. Zement-Oxyfuel Verfahren 330-360 Mio. €/ (Mt./a), für Retrofitting immer noch 100 €/ (Mt./a)“).

12 Abhängigkeit von Infrastrukturen

- A: Analog zum Marktpotenzial wird bei Stahltransformation die Abhängigkeit von Infrastrukturen in NRW als überproportional hoch eingeschätzt (Erdgasnetz, Wasserstoffnetz, ggf. CO₂-Netz) („++“).
- B und C: Aufgrund der über ganz Deutschland verteilten Standorte wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen („o“) („insgesamt kaum Abhängigkeiten; Wärmepumpen: Erschließbarkeit der Wärmequelle Voraussetzung“).

13 Systemkompatibilität

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen („o“) („Anpassungsbedarf überwiegend eher gering. Rückwirkungen und Wechselwirkungen: Beispielsweise führt auf Technologieebene der Wechsel vom Hochofen hin zur H₂-Direktreduktion mit nachgeschalteter Elektrostahlerzeugung zu Wechselwirkungen bzgl. des Strom- und Brennstoffbedarfs. H₂-DRI kann dabei ggf. auch zum Lastausgleich genutzt werden, wenn der Wasserstoff vor Ort produziert wird. Zudem besteht bei allen drei Technologien die Konkurrenz um Biomasse (Reststoffe) für einen Fuel-Switch.“)

14 Zusammenfassung

Insgesamt kann die Bedeutung dieses Technologiefeld nicht genau festgelegt werden. Geht man vom Marktpotenzial und den damit verbundenen Folgen aus, werden die Stahltechnologien als „*sehr viel relevanter*“ für NRW, die Papier- und Zementoptionen als „*gleich relevant*“ eingeschätzt.

6.2 TFE-NRW Technologiebewertung Energieeffiziente Querschnittstechnologien

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7065/7065_Querschnittstechnologien.pdf

1 Vorbemerkung

Im Folgenden bedeuten

- A: Elektromotoren (Schwerpunkt: Dauerläufer)
- B: Große industrielle Hochtemperaturwärmepumpen (Schwerpunkt: ab 100 kW_{th})
- C: Generative Fertigungsverfahren (Schwerpunkt: Metallische Verfahren)

2 Vorlaufzeiten

Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“):

- A: Vorlaufzeit bis 2030
- B: Vorlaufzeit 2030 bis 2040
- C: Vorlaufzeit bis 2030

3 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Entwicklungsstadium: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“).

- A: Grundsätzlicher Funktionsnachweis (TRL = 4)
- B: Grundsätzlicher Funktionsnachweis (TRL = 4)
- C: Funktionsnachweis Labor/Anwendung (TRL = 5)

Technisches und wirtschaftliches Risiko: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“).

- A: Technisches Risiko gering, wirtschaftliches Risiko eher hoch
- B: Technisches Risiko gering, wirtschaftliches Risiko hoch
- C: Technisches Risiko gering, wirtschaftliches Risiko eher gering

Rohstoffrisiken: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“) (insbesondere Neodym, Dysprosium, Terbium).

4 Marktpotenziale

Die folgenden Einschätzungen beziehen sich nur auf das *NRW-Marktpotenzial*.

- A und B: Aufgrund der hohen Industriedichte in NRW wird das Marktpotenzial NRW als höher eingeschätzt („+“).
- C: Keine Abschätzung verfügbar.

5 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

- A und B: Analog zum Marktpotenzial wird der Beitrag von NRW zu den Klimazielen als höher eingeschätzt („+“).

- C: Keine Abschätzung verfügbar.

6 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

- A und B: Analog zum Marktpotenzial wird der Beitrag von NRW zur Energie- und Ressourceneffizienz als höher eingeschätzt („+“).
- C: Keine Abschätzung verfügbar.

7 Kosteneffizienz

- A und B: Analog zum Marktpotenzial wird der Beitrag von NRW zur Kosteneffizienz als höher eingeschätzt („+“).
- C: Keine Abschätzung verfügbar.

8 NRW Wertschöpfung

Es wird zunächst davon ausgegangen, dass es hinsichtlich der Wertschöpfung keinen Unterschied zwischen NRW und der deutschlandweiten Einschätzung gibt („o“). Für eine präzisere Aussage wäre eine genauere Firmenanalyse nötig.

9 Stand und Trends von F&E

9.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Elektromotor (+Synonyme); Generative Fertigung (+Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	Elektromotoren: 21 (von 140) Generative Fertigung: 37 (von 201)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	Elektromotoren: 2 Generative Fertigung: 2
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	Elektromotoren: 5,89 Mio. Generative Fertigung: 26 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	Elektromotoren: 6 Generative Fertigung: 2
	Anzahl von Projekte über 1 Mio. EUR	Elektromotoren: 0 (von 20) Generative Fertigung: 5 (von 27)
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	Elektromotoren: 0,03 (Bremen 1,17) Generative Fertigung: 0,14 (Bremen 0,91)
Bewertung		Elektromotoren: o (Platz 11) Generative Fertigung: + (Platz 6)

9.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ Länderberichte

Das PtJ (2020)²⁰ fasst Prozesstechnologien und Querschnittstechnologien in der Industrie in eine Kategorie zusammen.

²⁰ Projektträger Jülich (2020): Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Länder im Jahr 2018.

9.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich Querschnittstechnologien bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern nur exemplarische Akteure umfassen:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
	Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.
	E.ON Research, Aachen
	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie, Aachen
Verbände / Netzwerke	Landesverband NRW des BDEW, Düsseldorf
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	X

9.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- CoBIP: Kontinuierliche Rolle-zu-Rolle Fertigung von metallischen Bipolarplatten für Brennstoffzellen

9.5 Gesamtbewertung F&E

Diesem Technologiefeld kommt sowohl bei der Aufstellung der Forschungslandschaft als auch bei der Höhe der F&E Mittel eine höhere Bedeutung („+“) zu als im Bundesdurchschnitt:

- NRW hat eine Technologieführerschaft bei den Elektromotoren und bei generativen Fertigungsverfahren, was innerhalb des ExpertInnen-Gesprächs bestätigt wurde.
- Die Fördermittel des Bundes und des Landes sind ähnlich hoch oder höher als in anderen Bundesländern und bei anderen Technologiefeldern.

10 Gesellschaftliche Akzeptanz

Mangels Untersuchungen hierzu kein Unterschied zwischen NRW und der deutschlandweiten Einschätzung (überwiegend hoch, aber geringe Relevanz (da vergleichsweise kleinskalige und unauffällige Interventionen); insbesondere Markt- bzw. Nutzerakzeptanz für Technologiefeld ausschlaggebend) („o“).

11 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen („o“) (Bestandsumwälzung (Nutzungsdauer) prägt Reaktionsfähigkeit; bei Wärmepumpen ist potentielle Verstetigung von Abwärmequellen zu beachten (zuerst Abwärmevermeidung, dann -verwertung)).

12 Abhängigkeit von Infrastrukturen

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen („o“) („insgesamt kaum Abhängigkeiten; Wärmepumpen: Erschließbarkeit der Wärmequelle Voraussetzung“).

13 Systemkompatibilität

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen („o“) („generell hoch; ggf. auf einzeltechnologischer Ebene relevant (z. B. Platzbedarfe), ggf. Wärmepumpen einsetzbar als flexible (steuerbare) Verbraucher (in Verbindung mit Speicher))“.

14 Zusammenfassung

Insgesamt kann die Bedeutung dieses Technologiefelds nicht genau festgelegt werden. Über alle Kriterien gemittelt, wird das gesamte Gebiet als „*relevanter*“ für NRW eingeschätzt.

6.3 TFE-NRW Technologiebewertung Stromerzeugungstechnologien zur Abwärmenutzung

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7066/7066_Stromerzeugungstechnologien.pdf

1 Vorbemerkung

Im Folgenden bedeuten

- A: Thermoelektrische Generatoren (TEG)
- B: Organic Rankine Cycle (ORC)-Anlagen

2 Vorlaufzeiten

Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („0“):

- A: Vorlaufzeit bis 2030
- B: keine (kommerziell verfügbar)

3 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Entwicklungsstadium: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („0“).

- A: TRL = 2-9
- B: kommerziell verfügbar

Technisches und wirtschaftliches Risiko: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („0“).

- A: Technisches Risiko hoch, wirtschaftliches Risiko hoch
- B: Technisches Risiko eher hoch, wirtschaftliches Risiko hoch

Rohstoffrisiken: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („0“) (insbesondere Blei und Cobalt).

4 Marktpotenziale

Die folgenden Einschätzungen beziehen sich nur auf das *NRW-Marktpotenzial*.

Aufgrund der hohen Industriedichte in NRW und der bisher generell geringen Nutzung der anfallenden Abwärme wird das Marktpotenzial NRW überproportional hoch eingeschätzt („++“). (Eine genauere Bestimmung müsste durch Auswertung des „Abwärmeatlas“ erfolgen sowie der Abwärmestudie des LANUV NRW:

<https://www.lanuv.nrw.de/landesamt/veroeffentlichungen/pressemitteilungen/details/2016-potenzialstudie-industrielle-abwaerme-in-nordrhein-westfalen-abwaerme-kann-einen-wichtigen-beitrag-zur-klimafreundlichen-nah-und-fernwaermeversorgung-leisten>).

5 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Analog zum Marktpotenzial wird der Beitrag von NRW zu den Klimazielen als überproportional hoch („++“) eingeschätzt.

6 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

Analog zum Marktpotenzial wird der Beitrag von NRW zur Energie- und Ressourceneffizienz als überproportional hoch („++“) eingeschätzt.

7 Kosteneffizienz

Analog zum Marktpotenzial wird der Beitrag von NRW zur Kosteneffizienz als überproportional hoch („++“) eingeschätzt (in diesem Fall im Sinne von zusätzlich entstehenden Kosten).

8 NRW Wertschöpfung

Es wird zunächst davon ausgegangen, dass es hinsichtlich der Wertschöpfung keinen Unterschied zwischen NRW und der deutschlandweiten Einschätzung gibt, da der Maschinen- und Anlagenbau, die Halbleiterindustrie und die Automobilindustrie breit gestreut sind („0“). Für eine präzisere Aussage wäre eine genauere Firmenanalyse nötig.

9 Stand und Trends von F&E

9.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Organic Rankine Cycle Anlagen (+Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Im folgenden Abschnitt wird lediglich der Bereich der Organic Rankine Anlagen betrachtet. Hier hat NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern die meisten Mittel zur Verfügung gestellt, auch wenn in Berlin im Verhältnis zur Einwohnerzahl die meisten Mittel eingesetzt werden.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	Organic Rankine Cycle (ORC)-Anlagen: 11 (von 46)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	Organic Rankine Cycle (ORC)-Anlagen: 1
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	Organic Rankine Cycle (ORC)-Anlagen: 3,7 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	Organic Rankine Cycle (ORC)-Anlagen: 1
	Anzahl von Projekte über 1 Mio. EUR	Organic Rankine Cycle (ORC)-Anlagen: 0
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	Organic Rankine Cycle (ORC)-Anlagen: 0,02 (Berlin 0,07)
Bewertung		Organic Rankine Cycle (ORC)-Anlagen: 0 (Platz 7)

9.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Es liegen keine konkreten Daten vor.

9.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich Stromerzeugungstechnologien zur Abwärmenutzung bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern nur exemplarische Akteure umfassen:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen
	Deutsches Institut für Luft- und Raumfahrt, Köln
Verbände / Netzwerke	Energieagentur NRW, Düsseldorf
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	X

9.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- Anwendungspotential thermoelektrischer Generatoren in stationären Systemen – Chancen für NRW
- EnEff:Wärme - ORC-Prozesse zur Abwärmenutzung an BHKW-Motoren - Phase 2

9.5 Gesamtbewertung F&E

Beim Technologiefeld ist sowohl hinsichtlich der Aufstellung der Forschungslandschaft als auch der Höhe der F&E Mittel kein Unterschied ("o") zum Bundesdurchschnitt festzustellen:

- Es gibt keine Hinweise, die für eine Vertiefung sprechen. Im ExpertInnen-Gespräch wurden einzelne Projekte, aber auch Forschungslücken angesprochen.

10 Gesellschaftliche Akzeptanz

Mangels Untersuchungen hierzu kein Unterschied zwischen NRW und der deutschlandweiten Einschätzung (je nach Akzeptanzart niedrige bis hohe Akzeptanz oder nicht einschätzbar) („o“).

11 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen („o“).

- A: Geringe Pfadabhängigkeit aufgrund kurzer Planungs- und Bauzeiten, sinkende Kosten
- B: Geringe Pfadabhängigkeit aufgrund kurzer Planungs- und Bauzeiten, sinkende Kosten

12 Abhängigkeit von Infrastrukturen

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen (geringe Anforderungen an Infrastrukturen, Ausgleich von bestehenden Engpässen möglich) („o“).

13 Systemkompatibilität

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen (Systemkompatibel ohne weitere Anpassungen) („o“).

14 Zusammenfassung

Insgesamt (und insbesondere basierend auf der Einschätzung des zukünftigen Marktpotenzials), wird die Bedeutung dieses Technologiefelds für NRW als „sehr viel relevanter“ als im Bundesdurchschnitt eingeschätzt.

6.4 TFE-NRW Technologiebewertung Low-carbon und ressourceneffiziente Industrie

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7067/7067_Low-carbon-Industrie.pdf

1 Vorbemerkung

Im Folgenden bedeuten

- A: Low-carbon Kunststoffe – Hocheffiziente Steam Cracker mit Carbon Capture
- B: Low-carbon Kunststoffe - Chemisches Recycling von Kunststoffabfällen über Pyrolyse und Gasifizierung
- C: Power-to-heat

2 Vorlaufzeiten

Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“):

- A: Vorlaufzeit bis in die 2020er oder sogar 2030er Jahre
- B: Vorlaufzeit bis 2030
- C: Vorlaufzeit unterschiedlich (von sehr gering bis 2050)

3 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Entwicklungsstadium: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“).

- A: TRL = 4 (Technologieentwicklung)
- B: TRL = 7 (Demonstration)
- C: TRL = 3 (Technologieentwicklung) bei Zement bis TRL = 9 (Kommerzialisierung) bei Stahl und Glas

Technisches und wirtschaftliches Risiko: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“).

- A und B: Technisches Risiko gering, wirtschaftliches Risiko eher hoch (unzureichende Rahmenbedingungen)
- C: Technisches Risiko eher gering, wirtschaftliches Risiko eher hoch (unzureichende Rahmenbedingungen)

Rohstoffrisiken: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“) (nur bewertet für C).

4 Marktpotenziale

Die folgenden Einschätzungen beziehen sich nur auf das *NRW-Marktpotenzial*.

- A: Aufgrund der hohen Dichte von Steamcrackern in NRW (rund zwei Drittel der bundesweiten Kapazität nach WISEE-Datenbank) wird das Marktpotenzial NRW überproportional hoch im Vergleich zu Deutschland insgesamt eingeschätzt („++“).

- B: Aus dem gleichen Grund wird auch das Potenzial für chemisches Recycling überproportional hoch eingeschätzt („++“), da dieses im Wesentlichen zur Ablösung der Naphtha-Steam basierten Cracking Route dient.
- C: Da sich ein relativ großer Anteil von möglichen Anwendungsfällen für C in NRW befindet (u. a. Raffinerien, Grundstoffchemie sowie Eisen- und Stahlverarbeitung), wird das Marktpotenzial NRW höher eingeschätzt („+“).

5 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Analog zum Marktpotenzial wird der Beitrag von NRW zu den Klimazielen folgendermaßen eingeschätzt:

- A: überproportional hoher Beitrag („++“)
- B: überproportional hoher Beitrag („++“)
- C: höherer Beitrag („+“)

6 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

Analog zum Marktpotenzial wird der Beitrag von NRW zur Energie- und Ressourceneffizienz folgendermaßen eingeschätzt:

- A: überproportional hoher Beitrag („++“)
- B: überproportional hoher Beitrag („++“)
- C: höherer Beitrag („+“)

7 Kosteneffizienz

Wie auch in der Vorgängerstudie keine Bewertung möglich.

8 NRW Wertschöpfung

- A: Da der einzige deutsche Hersteller von Steam Crackern (Linde, zudem inzwischen mit dem U. S. Unternehmen Praxair fusioniert) nicht in NRW sitzt, erfolgt in NRW keine Wertschöpfung („--“).
- B: Wie auch in der Vorgängerstudie keine Bewertung möglich.
- C: Wie auch in der Vorgängerstudie keine Bewertung möglich.

9 Stand und Trends von F&E

9.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Auch wenn das Technologiefeld in drei Fokusthemen unterteilt ist (hocheffiziente Steam Cracker mit Carbon Capture, chemisches Recycling von Kunststoffabfällen sowie Power-to-Heat (industrielle Prozesswärme)) so wurde hier nur Power-to-Heat betrachtet, da nur dieses bei enArgus verschlagwortet ist. NRW nimmt hierbei bei der Höhe der Mittel einen hohen Platz ein.

Stichwort bei der Suche: Power-to-Heat (+Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	106 (von 575)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	2
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	62,96 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	2
	Anzahl von Projekte über 1 Mio. EUR	14 (von 92)
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	0,35 (Hamburg 1,28)
Bewertung		o (Platz 8)

9.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Es liegen keine konkreten Daten vor.

9.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich „Low-carbon und ressourceneffiziente Industrie“ bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern umfasst nur exemplarische Akteure:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Forschungszentrum Jülich
	Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Wuppertal
	Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen
	E.ON Energy Research Center der RWTH Aachen
Verbände / Netzwerke	
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	X

9.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- Reallabor: TransUrban.NRW - Transformation der netzgebundenen, urbanen Wärme- und Kälteversorgung mit intersektoralen Power-2-Heat Lösungen als Beitrag zum Strukturwandel in den Kohlerevieren NRW; Teilvorhaben: Quartierssystem-Digitalisierung & systematische Entwicklung von Geschäftsmodellen
- Initiative IN4climate.NRW für zukunftsfähige und klimaneutrale Industrie in NRW. Diese umfasst eine Arbeitsplattform von Industrie, Wissenschaft und der Landesregierung NRW mit dem Ziel, Strategien zu erarbeiten, wie die Industrie in NRW zukünftig ihre hohe Wettbewerbsfähigkeit erhalten, zusätzliches Wachstum erzeugen und gleichzeitig zum Erreichender Pariser Klimaschutzziele beitragen kann.

9.5 Gesamtbewertung F&E

Diesem Technologiefeld kommt sowohl bei der Aufstellung der Forschungslandschaft als auch bei der Höhe der F&E Mittel eine höhere Bedeutung („+“) zu als im Bundesdurchschnitt:

- Die Höhe der Forschungsmittel des Landes und des Bundes sind deutlich höher als in den anderen Bundesländern und Technologiefeldern.

- Mit IN4climate.NRW wurde ein Projekt mit überregionaler Strahlkraft ins Leben gerufen.

10 Gesellschaftliche Akzeptanz

- A und B: Mangels Untersuchungen hierzu kein Unterschied zwischen NRW und der deutschlandweiten Einschätzung (geringes Risiko für Marktakzeptanz und sozialpolitische Akzeptanz) („0“).
- C: Mangels Untersuchungen hierzu kein Unterschied zwischen NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („Hybrid“: Mittlere bis hohe (Markt-) bis sehr hohe (sozialpolitische & lokale) Akzeptanz; „Monovalent“: sehr niedrige (Markt-) bis mittlere bzw. offene (sozialpolitische & lokale) Akzeptanz) („0“).

11 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen („0“).

- A: Sehr hohe Pfadabhängigkeit aufgrund der langen Planungs- und Bauzeit, der langen Lebensdauer der Produktionsanlagen und wenig skalierbaren Anlagengrößen, sehr hohe Investition, jeweils Einzelanlagen)
- B: Geringe Pfadabhängigkeit bei derzeitiger Kapazitäten < 100 kt/a.
Zukünftige Situation noch nicht abschätzbar – dezentral mit kleineren Anlagen (Interesse der lokalen Akteure=Müllwirtschaft) oder zentral (Interesse der Chemie-Industrie).
- C: Mittlere Pfadabhängigkeit und hohe Reaktionsfähigkeit (hybrid) bis sehr hohe Pfadabhängigkeit und sehr niedrige Reaktionsfähigkeit (monovalent)

12 Abhängigkeit von Infrastrukturen

Analog zum Marktpotenzial wird die Abhängigkeit von Infrastrukturen folgendermaßen eingeschätzt:

- A: überproportional hohe Abhängigkeit („++“)
- B: überproportional hohe Abhängigkeit („++“)
- C: höherer Beitrag („+“)

13 Systemkompatibilität

Es wird kein Unterschied zwischen NRW und Deutschland insgesamt gesehen (Systemkompatibel) („0“):

- A: Systemkompatibilität der Steam Cracker ist in hohem Maße von der Entwicklung der Kraftstoffmärkte/Erdölpreise und der Importpreise für Ethan und Propan (z. B. aus den USA) abhängig.
- B: Rohstoffliche Verwertung von Kunststoffen konkurriert insb. mit einer thermischen Verwertung (im zukünftigen Stromsystem ebenfalls systemstabilisierende Rolle)

- C: Bei hoher Durchdringung an PtH-Anlagen Rückwirkungen auf gesamtes Stromnetz; Ausmaß davon abhängig, ob in flexibler Fahrweise auf Stromangebot (Über - oder Unterdeckung) im Netz reagiert werden kann; PtH-Anlagen in der Grundlast erfordern zwingend überproportionalen Ausbau erneuerbarer Stromerzeugungskapazitäten.

14 Zusammenfassung

Insgesamt kann die Bedeutung dieses Technologiefelds nicht genau festgelegt werden. Geht man vom Marktpotenzial aus und den damit verbundenen Auswirkungen aus, wird das gesamte Gebiet als „*sehr viel relevanter*“ für NRW eingeschätzt.

7.1 TFE-NRW Technologiebewertung Elektromobilität - PKW

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7069/7069_Elektromobilitaet_PKW.pdf

1 Vorbemerkung

In diesem Kapitel werden sowohl rein batterie-elektrische Fahrzeuge als auch Plug-in-Hybride betrachtet. Es wird jedoch erwartet, dass aufgrund zunehmender Leistungsfähigkeit des Batteriespeichers und gleichzeitiger Senkung der Speicherkosten mittel- bis langfristig Plug-in-Hybride aufgrund ihres höheren technischen Aufwandes den batterieelektrischen Fahrzeugen weichen werden.

2 Vorlaufzeiten

Die Einschätzung des Kriteriums „Vorlaufzeiten“ für die Bundesebene wird auch für NRW übernommen („o“).

3 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Entwicklungsstadium: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“).

Technologische Reife: Demonstration bis Kommerzialisierung (TRL-5 bis TRL-9): Nationale und internationale Demonstrationsprojekte für Lastmanagement und Netzzurückspeisung.

Technisches und wirtschaftliches Risiko: Die F&E-Risiken sind für NRW insgesamt ähnlich („o“) wie für die Bundesebene.

4 Marktpotenziale

Das globale Marktpotenzial wird für NRW ähnlich wie für die Bundesebene eingestuft. Die Anzahl der Personenkraftwagen in NRW pro Kopf (0,56) ist ähnlich wie der Bundesdurchschnitt (0,57 PKW/Kopf in 2018)²¹.

Daher wird das Kriterium „Marktpotenzial“ für NRW ähnlich („o“) eingestuft wie die Bewertung für die Bundesebene.

5 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Analog zum Marktpotenzial weist das Technologiefeld Elektromobilität PKW keine besonders starke positive Abweichung von der Bundesebene bei der Bewertung des Kriteriums „Beitrag zu Klima- und Emissionszielen“ („o“) auf.

6 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

Hierzu erfolgte keine Analyse im TF-Energiewende Projekt.

²¹ Quelle: https://www.foederal-erneuerbar.de/uebersicht/bundeslaender/BW|BY|B|BB|HB|HH|HE|MV|NRW|RLP|SL|SN|ST|SH|TH|D/kategorie/mobilitaet/auswahl/929-anzahl_pkw_pro_kopf/#goto_929

7 Kosteneffizienz

Hierzu erfolgte keine Analyse im TF-Energiewende Projekt.

8 NRW Wertschöpfung

Nur etwa 10% der deutschen Beschäftigten in der Automobilindustrie sind in NRW verortet. In NRW finden sich hauptsächlich Zulieferer und Ford, deshalb ist nicht von signifikanten Beiträgen im Bereich Elektromobilität auszugehen.

In der Batterietechnik und den elektrischen Antrieben sind die großen Akteure aus der Automobilindustrie in Niedersachsen, Bayern und Baden-Württemberg aktiv. Die Batterietechnik in NRW, die in Zukunft aufgebaut wird, wird im Steckbrief zu elektrischen Speichern erfasst.

Laut einer IW-Analyse vom vergangenen Jahr kamen auch nur gut 5 % der deutschen Patente in 2016 im Bereich PKW aus NRW.

Laut Kraftfahrt-Bundesamt hat NRW einen Anteil von gut 20% an den PKW-Zulassungen, was in etwa den Bevölkerungsanteilen entspricht. Bei den Elektrofahrzeugen liegt dieser Anteil auch nur bei knapp 20%.

In Relation zum Verkehrsaufkommen ist in NRW auch bisher keine überdurchschnittliche Versorgung von Ladesäulen zu erkennen.

Um die Vorzeigeprojekte im Bereich der Elektromobilität aus Aachen steht es zur Zeit auch nicht gut. Die Post hat bekannt gegeben, dass sie den Streetscooter zum Ende des Jahres einstellen wird und e.Go hat Insolvenz angemeldet.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die in NRW beheimateten Fahrzeughersteller und Zulieferer in Bezug auf die E-Mobilität eher weniger bedeutsam im Vergleich zum Bundesdurchschnitt sind.

Daher wird dieses Kriterium als ähnlich wie auf der Bundesebene bewertet („o“).

9 Stand und Trends von F&E

9.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Elektroauto (+Synonyme)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

In NRW werden besonders viele Projekte zum Thema Elektroauto umgesetzt. Auch fließen besonders viele Mittel nach NRW. Bei der Auswertung der Fördermittel pro Einwohner erhält Niedersachsen die meisten Mittel.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	380 (von 1937)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	1
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	249,1 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	1
	Anzahl von Projekte über 1 Mio. EUR	56
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	1,38 (Niedersachsen 2,84)
Bewertung		+ (Platz 4)

9.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Das PtJ (2020) erfasst keine speziellen Informationen zur Elektromobilität. Es gibt lediglich Informationen zur Energieeffizienz im Verkehr.

9.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich der Elektromobilität bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft schaffen, sondern nur exemplarische Akteure umfassen:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Universität Duisburg-Essen
	RWTH Aachen –IKA – Institut für Kraftfahrzeuge
	Bergischer Universität Wuppertal
	Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen
	RheinEnergie AG
	Ford-Werke GmbH
Verbände / Netzwerke	
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	✓ Netzwerk Brennstoffzellen und Wasserstoff, Elektromobilität

9.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- colognE – Elektromobilitätslösungen für NRW
- metropol-E – Elektromobilität Rhein-Ruhr

9.5 Gesamtbewertung F&E

Diesem Technologiefeld kommt sowohl bei der Aufstellung der Forschungslandschaft als auch bei der Höhe der F&E Mittel eine höhere Bedeutung („+“) zu als im Bundesdurchschnitt:

- Eine große Summe an Forschungsgeldern fließt nach NRW.
- Die ExpertInnen haben die Relevanz des Themas für NRW betont.

10 Gesellschaftliche Akzeptanz

Die gesellschaftliche Akzeptanz von Elektromobilität in NRW wird als ähnlich zu der Bundesebene eingestuft („o“).

11 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Da sich die Indikatoren nur auf das Technologiefeld beziehen und unabhängig von den Infrastrukturen angegeben werden, gibt es keine Abweichung bei der Einschätzung zwischen NRW und Deutschland („o“).

12 Abhängigkeit von Infrastrukturen

Das Kriterium „Abhängigkeit von Infrastrukturen“ wird für NRW ähnlich wie für die Bundesebene eingeschätzt („o“), weil die Bewertung auf den speziellen Eigenschaften der Elektromobilität beruht.

13 Systemkompatibilität

Das Kriterium „Abhängigkeit von Infrastrukturen“ wird für NRW ähnlich wie für die Bundesebene eingeschätzt („o“), weil die Bewertung auf den speziellen Eigenschaften der Elektromobilität beruht.

14 Zusammenfassung

Alle Kriterien zusammen betrachtet, wird für das Technologiefeld *kein Unterschied* zwischen NRW und Gesamtdeutschland gesehen.

7.2 TFE-NRW Technologiebewertung Elektromobilität – Hybrid-Oberleitungs-LKW

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7070/7070_Elektromobilitaet_LKW.pdf

1 Vorbemerkung

In dieser Technologiebewertung wird der Hybrid-Oberleitungs (HO)-Lkw (schwerer Straßengüterfernverkehr) analysiert. Der HO-Lkw nutzt elektrische Energie aus Oberleitungen. Wenn keine Oberleitung verfügbar ist, kann er einen Diesellaggregat oder eine Fahrzeugbatterie zur Energieversorgung für Strecken abseits der Oberleitung eingesetzt werden.

2 Vorlaufzeiten

Es ergeben sich keine Unterschiede zur Bundesebene („o“).

3 F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Entwicklungsstadium: Kein Unterschied hinsichtlich NRW und der deutschlandweiten Einschätzung („o“).

Technologische Reife: Demonstration (TRL=6)

Technisches und wirtschaftliches Risiko: Die F&E-Risiken sind für NRW insgesamt ähnlich („o“) wie für die Bundesebene.

4 Marktpotenziale

Beim globalen und nationalen Marktpotenzial gibt es noch kein nennenswertes Potenzial in NRW („-“). Das Marktpotenzial von HO-Lkw in NRW hängt stark vom Ausbau geeigneter Infrastrukturen ab.

5 Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Entsprechend zum Marktpotenzial ergeben sich ein geringeres Potenzial im Vergleich zur Bundesebene („-“).

6 Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

Entsprechend den obigen Punkten ist der NRW-Beitrag im Vergleich zur Bundesebene geringer („-“).

7 Kosteneffizienz

Mangels fehlender Infrastruktur ergeben sich in NRW die Kosten höher als bundesweit („-“).

8 NRW Wertschöpfung

In diesem Technologiefeld findet keine nennenswerte Wertschöpfung in NRW statt („-“).

9 Stand und Trends von F&E

Für dieses Technologiefeld stehen nur begrenzte Informationen zur Verfügung. Unter anderem forscht die Bergische Universität Wuppertal zu Hybrid-OberleitungslKW. Auch gibt es ein Netzwerk der Energieagentur, das das Thema Elektromobilität betrachtet. Insgesamt wird allerdings aufgrund begrenzter Informationen das Technologiefeld bei der Analyse der Forschungslandschaft NRWs hier nicht näher betrachtet.

Gesamtbewertung F&E

Bei diesem Technologiefeld ist sowohl hinsichtlich der Aufstellung der Forschungslandschaft als auch der Höhe der F&E Mittel kein Unterschied ("o") zum Bundesdurchschnitt festzustellen. Diese Einschätzung basiert auf einzelnen Meinungen von ExpertInnen.

10 Gesellschaftliche Akzeptanz

Akzeptanz ähnlich zu Bundesebene, da keine Untersuchungen („o“).

11 Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Es ergeben sich keine Unterschiede zur Bundesebene („o“).

12 Abhängigkeit von Infrastrukturen

Dieses Kriterium wird für NRW ähnlich wie für die Bundesebene eingeschätzt („o“), weil die Bewertung auf den speziellen technischen Eigenschaften des TFs beruht.

13 Systemkompatibilität

Es ergeben sich keine Unterschiede zur Bundesebene („o“).

14 Zusammenfassung

Alle Kriterien zusammen betrachtet, wird die Technologie für NRW als weniger relevant als für Gesamtdeutschland bewertet.

7.3 TFE-NRW Technologiebewertung Informations- und Kommunikationstechnologien

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7071/7071_IuK.pdf

1 Vorbemerkung

In diesem „Technologiefeld“ werden folgende IT-Strukturen betrachtet:

- A: Zustandsbestimmung und Prognosen wie Last, Erzeugung, Zustandsprognosen wie Preise, Netzzustände, Extremereignisse
- B: Architektur, Anbindung und Aggregation (Prosumer, Aggregatoren, Virtuelle Kraftwerke, Protokolle, Schnittstellen, Prozesse, Systemarchitekturen)
- C: Standardisierung von Metering- und Kommunikationsmechanismen zur Datenanbindung und Steuerung von Einzelanlagen und Prosumern über Smart Meter (Sensorik und Metering, Betriebsführung und Abrechnungsmechanismen)
- D: Dataprocessing (Big Data, Datenschutz, Resilienz, IT-Safety&Security)

2 Allgemeine Einordnung

Die IT-Strukturen und deren Entwicklungsziele unterscheiden sich nicht zwischen NRW und Gesamtdeutschland.

Die Kriterien Vorlaufzeiten, F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig), Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen, Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz und Kosteneffizienz konnten im Projekt TF-Energiewende nicht bewertet werden, da dieses Technologiefeld keine eigenen Beiträge erbringt, sondern als Dienstleistung für andere Technologien anzusehen ist.

Die Beantwortung der Kriterien Marktpotenziale und NRW Wertschöpfung ist analog zu Gesamtdeutschland stark vom Kontext (Use Case) abhängig bzw. an diesen gebunden.

Hinsichtlich der Kriterien Gesellschaftliche Akzeptanz, Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit, Abhängigkeit von Infrastrukturen und Systemkompatibilität können keine Unterschiede zwischen NRW und Gesamtdeutschland festgestellt werden.

In diesem Steckbrief wird daher nur Kriterium 8 behandelt.

3 Kriterium 8: Stand und Trends von F&E

3.1 Auswertung der Bundesförderung anhand der enArgus Datenbank

Stichwort bei der Suche: Smart Meter / Smart Grid (+Synonyme)

(Schlagworte bei enArgus nicht vorhanden)

Geförderte Projekte aus NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern

Eine Auswertung des Technologiefeldes stößt an Grenzen, da Informations- und Kommunikationstechnologien in unterschiedlicher Ausprägung in verschiedenen

anderen Technologiefeldern enthalten sind. Bei der Auswertung der enArgus Datenbank wurden die Begriffe „smart meter“ und „smart grid“ verwendet.

Projekte	Anzahl in NRW im Vergleich zum Bund	Smart Grid: 83 (von 444) Smart Meter: 51 (von 205)
	Platzierung NRW im Ländervergleich	Smart Grid: 2 Smart Meter: 1
Bewilligte Mittel	In NRW in EUR	Smart Grid: 48,9 Mio. Smart Meter: 20,5 Mio.
	Platzierung NRW im Ländervergleich	Smart Grid: 2 Smart Meter: 2
	Anzahl von Projekte in NRW über 1 Mio. EUR	Smart Grid: 9 Smart Meter: 7
	Fördermittel pro Einwohner in EUR	Smart Grid: 0,27 (Hamburg 0,92) Smart Meter: 0,11 (Bremen 0,54)
Bewertung		Smart Grid: + (Platz 6) Smart Meter: o (Platz 9)

3.2 Auswertung der Landesförderung anhand der PtJ-Länderberichte

Es liegen keine konkreten Daten vor.

3.3 Ausgewählte Akteure und (Forschungs-)Netzwerke aus NRW

Den Bereich IKT bearbeiten in NRW insbesondere die folgenden Organisationen. Die Liste soll kein vollständiges Bild der Forschungslandschaft darstellen, sondern umfasst nur exemplarische Akteure:

Akteure	
Forschungseinrichtungen	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen - Fakultät 6 - Elektrotechnik und Informationstechnik - Institut für Hochspannungstechnik
	Technische Universität Dortmund - Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik - Institut für Energiesysteme, Energieeffizienz und Energiewirtschaft (ie3)
	Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik (FIT), Sankt Augustin
	Bergische Universität Wuppertal
	Universität Paderborn
Verbände / Netzwerke	
Technologiefeld als Netzwerk der Energieagentur NRW vertreten	✓ Netzwerk Energiewirtschaft – smart energy

3.4 Exemplarische (Leuchtturm-)Projekte

- SwarmGrid: 'Sicherer Betrieb von Energienetzen durch Nutzerschwarm-Systemdienstleistungen'; Teilvorhaben: 'Systemische Betrachtung und Simulation'
- Smart Grid Technology Lab - Entwicklungs- und Prüfumgebung für Smart Grid Technologien

- Reallabor SmartQuart – Smarte Energiequartiere
- Open Energy Meter Data

3.5 Gesamtbewertung F&E

Diesem Technologiefeld kommt sowohl bei der Aufstellung der Forschungslandschaft als auch bei der Höhe der F&E Mittel eine höhere Bedeutung („+“) zu als im Bundesdurchschnitt:

- Während des ExperInnen-Gesprächs wurde die Relevanz des Technologiefeldes für NRW betont, insbesondere durch die anstehende Digitalisierung in allen Bereichen (Stichworte: LoRaWAN, Blockchain, CyberSecurity). Hier werden bereits einige Projekte in NRW durchgeführt, weitere sind in Planung.
- In den Bereich Smart Grid sind relativ viele Forschungsmittel geflossen. Die ExpertInnen unterstreichen die im Vergleich zu anderen Bundesländern höheren Forschungsgelder.

4 Zusammenfassung

Alle Kriterien zusammen betrachtet, wird für das Technologiefeld „*kein Unterschied*“ zwischen NRW und Gesamtdeutschland gesehen.

7.4 TFE-NRW Technologiebewertung Systemintegration, -transformation und -innovation

Basisbericht aus dem Projekt TF-Energiewende:

https://epub.wupperinst.org/files/7068/7068_Systemtransformation.pdf

1 Vorbemerkung

Dieses „Technologiefeld“ wurde im ursprünglichen Bericht nicht nach dem Kriterienraster bewertet, da es sich nicht direkt um eine Technologie handelt, die in der Entwicklung ist. Vielmehr wurden die drei Aspekte

- Technologieentwicklung und Systemintegration
- Systeminnovationen als neues Forschungsfeld und
- Systemtransformation (Systemanalyse)

als quer liegend zu den betrachteten Energietechnologien analysiert und der F&E-Bedarf bewertet.

In diesem Steckbrief wird daher nur Kriterium 8 behandelt.

2 Kriterium 8: Stand und Trends von F&E

Für dieses Technologiefeld stehen nur begrenzte Informationen zur Verfügung. Unter anderem forschen das Wuppertal Institut und das kulturwissenschaftliche Institut in Essen zum Themen der Systemintegration und -transformation.

Das PtJ (2020) erfasst Informationen in der Kategorie Systemanalyse und Modellierung. In 2018 lag NRW auf Rank 2 hinter Hamburg. In NRW machen in NRW 4,5% der Gesamtaufwendung für Energie-relevante Forschung aus.

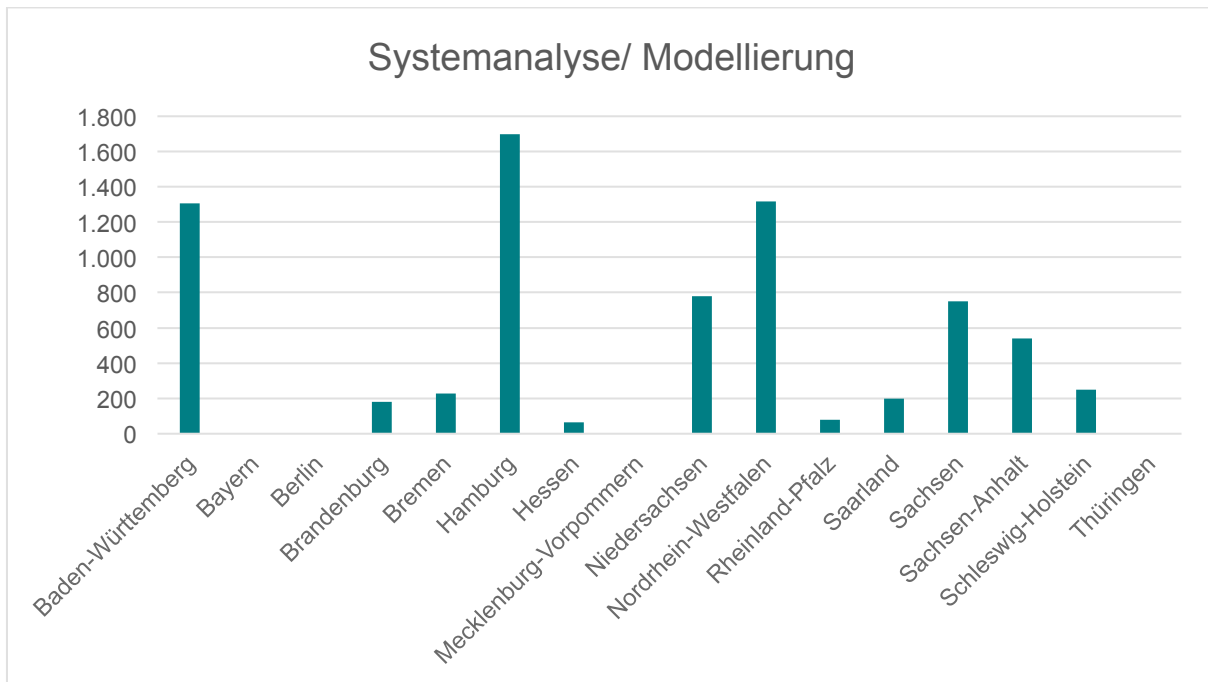


Abbildung 8 F&E Mittel der Bundesländer im Bereich Systemanalyse/Modellierung (in Tsd. EUR)
 Quelle: eigene Darstellung basierend auf PtJ (2020)²²

Gesamtbewertung F&E

Aufgrund der fehlenden Informationen wird das Technologiefeld hier lediglich auf Basis der Höhe der Forschungsmittel des Landes und anhand einzelner Meinungen von ExpertInnen bewertet. Demnach kommt diesem Technologiefeld sowohl bei der Aufstellung der Forschungslandschaft als auch bei der Höhe der F&E Mittel eine höhere Bedeutung („+“) zu als im Bundesdurchschnitt.

3 Zusammenfassung

Alle Kriterien zusammen betrachtet, wird für das Technologiefeld „*kein Unterschied*“ zwischen NRW und Gesamtdeutschland gesehen.

²² Projektträger Jülich (2020): Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Länder im Jahr 2018.

4 Steckbriefe für acht ausgewählte Technologien mit einer vertiefenden Analyse der wirtschaftlichen Chancen in NRW

TFE-NRW Ökonomische Bewertung Technologiefeld 1.5: Solarthermische Kraftwerke

Nachfrage Technologie	Nachfrage Endprodukt	Exportchancen	NRW-Akteure	Regionale Wertschöpfung	Standort-faktoren
0	++	++	++	+	0

1. Marktpotenzial

a) Nachfrage Technologie

Die Nachfrage nach der Technologie beschreibt das Ausmaß potenzieller Absatzmärkte für die betrachteten technologischen Anlagen in NRW. Dabei wird das bestehende aber vor allem auch die zukünftig zu erwartende Nachfrage berücksichtigt.

Zur umfangreichen Nutzung der Solarenergie sind in NRW vergleichsweise nur geringe Potenziale vorhanden. Ohnehin sind für die hier betrachteten Kraftwerkstypen kaum ausreichende Potenziale an deutschen Standorten vorhanden, weshalb sich die Errichtung neuer Anlagen in Südeuropa oder anderen sonnenreichen Regionen anbietet. Durch die hohe Besiedlungsdichte in NRW verbleiben zusätzlich geringe Flächenpotenziale, sodass sich eher kleinere Anwendungen auf Dachflächen anbieten. Bei der Photovoltaik lag NRW im Jahr 2016 mit einem Anteil von 2,3 Prozent der Bruttostromerzeugung deutlich unter den Anteilen auf Bundesebene von 5,9 Prozent. Mit über 2 km² an Kollektorflächen für Solarthermie liegt NRW mit rund 10 Prozent der deutschlandweiten Kapazitäten auf Platz drei hinter Bayern und Baden-Württemberg. Umgerechnet auf die Fläche des jeweiligen Bundeslandes liegt NRW mit 59,6 m² Kollektorfläche pro km² leicht über dem Wert auf Bundesebene von 54,1 Prozent. Im Bereich der solarthermischen Prozesswärmeanlagen weist NRW mit knapp 28 Prozent sogar den höchsten Anteil auf. Auch sind aufgrund der starken Bebauung mit Abstand die in absoluten Größen höchsten Dachflächenpotenziale vorhanden (Föderal Erneuerbar 2019).

Eine Studie des Landesministeriums für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW konnte allerdings bisher nur verhältnismäßig geringe Potenziale zur Anwendung von solarthermischen Anlagen auf Dachflächen identifizieren. Da sich diese Technologie gerade für die Bereitstellung von Warmwasser eignet, wurden die anteiligen Potenziale an dem Warmwasserbedarf der Haushalte in NRW bemessen. Hier konnte ein Potenzial von etwa 4,9 TWh festgestellt werden. Dies entspricht 27,8% des Warmwasserbedarfs der Haushalte von 17,6 TWh im Jahr, allerdings beläuft sich der gesamte Wärmebedarf der Haushalte in NRW auf 128,8 TWh. Daher entspricht das gemessene Potenzial nur 3,8 Prozent des gesamten Bedarfs. Somit können auch bei der Anwendung von Dachanlagen nur begrenzte Potenziale in der Anwendung dieser Technologie festgestellt werden (LANUV 2013).

b) Nachfrage Endprodukt

Die Nachfrage nach dem Endprodukt beschreibt das Ausmaß potenzieller Absatzmärkte für das mithilfe der betrachteten Technologie erzeugte oder gefertigte Produkt in NRW. Dabei wird die bestehende aber vor allem auch die zukünftig zu erwartende Nachfrage berücksichtigt.

Durch die hohe Bevölkerungszahl in NRW herrscht dementsprechend ein großer Strom- und Wärmebedarf im Haushalts- und Gewerbesektor. Zusätzlich ergeben sich besonders in dem ansässigen Industriesektor im Ländervergleich überproportionale Bedarfe in NRW. So entstehen alleine über 50 Prozent des Strombedarfs in NRW im Industriesektor (LANUV 2020). Die größten Energiebedarfe bestehen hier in den Wirtschaftszweigen Metall und Chemie, die mit 42 Prozent und 30 Prozent der in Deutschland Beschäftigten deutlich überproportional vertreten sind. Allerdings gibt es aufgrund des Fehlens effizienter Anwendungsmöglichkeiten solarthermischer Kraftwerke keine Möglichkeit der unmittelbaren Bereitstellung klimafreundlicher Strom- und gegebenenfalls auch Wärmeerzeugung. So bestehen grundsätzlich neben dem Wärmebedarf der Hochtemperaturprozesse auch im Bereich der Wärmetemperaturen unter 500 °C respektive 100 °C umfangreiche Wärmebedarfe in der chemischen Industrie als auch in weiteren Wirtschaftszweigen, wie beispielsweise im Bereich Lebensmittel, Papier sowie Kunststoffe, die jeweils mit mindestens einem Fünftel der deutschlandweiten Beschäftigten in NRW vertreten sind (Destatis 2019, 2020; LANUV 2019; IT.NRW 2019a, 2019b).

c) Exportchancen

Der Begriff „Exportchancen“ bezeichnet die identifizierten Potenziale zur Versorgung von Absatzmärkten auf nationaler und internationaler Ebene im Bereich der betrachteten technologischen Anlagen und der damit erzeugten Endprodukte. Diese Potenziale ergeben sich dabei aus bestehenden als auch identifizierten potenziellen Fertigungs- und Exportkapazitäten und einer zu erwartenden Entwicklung der Nachfrage auf besagten Absatzmärkten.

Durch die fehlenden Möglichkeiten zur regionalen Anwendung der Technologie und des hohen Energiebedarfs auf Landesebene ergeben sich keine Potenziale zum Export der erzeugten Energie, allerdings sind im Bereich der Entwicklung und Fertigung von Anlagen und einzelner Komponenten deutsche und auch nordrhein-westfälische Akteure bereits seit vielen Jahren mit führend auf dem Weltmarkt. Für das globale Marktpotenzial ist bis 2050 von einem Zubau solarthermischer Kraftwerke in der Größenordnung von mindestens 230 Gigawatt (GW) und sogar bis zu 3500 GW Kapazität auszugehen. Ende 2019 lag die weltweite Kapazität solarthermischer Großkraftwerke erst bei etwa 1,6 GW (Weiss und Spörk-Dür 2020). Langfristig wird ein deutscher Weltmarktanteil von mindestens 5-10 Prozent erwartet (Wuppertal Institut et al. 2018). Da bereits vor einigen Jahren seitens Deutschlands laut Verein Deutscher Ingenieure bereits Lieferanteile von bis zu 40 Prozent erreicht werden konnten und eine signifikante Anzahl deutscher Akteure im Bereich der Entwicklung als auch der Komponentenfertigung in NRW ansässig ist, ist dauerhaft von einem deutlichen Exportpotenzial bei der Entwicklung und

Fertigung der Anlagen und einzelner Komponenten auszugehen (DCSP 2020; VDI 2015). Darüber hinaus bestehen bereits seit vielen Jahren neben umfangreichen Pilotprojekten im Inland auch internationale Kooperationen hiesiger Forschungsinstitute zur Entwicklung und dem Betrieb von Anlagen vor allem in Südeuropa aber auch bis Südafrika (Cluster Energieforschung NRW 2012).

2. Wertschöpfung

a) NRW-Akteure

Der Begriff „NRW-Akteure“ bezeichnet für die Entwicklung, Fertigung und Anwendung der betrachteten Technologie relevante Unternehmen. Es wird untersucht, ob und in welchem Ausmaß relevante Branchen und Unternehmen in NRW ansässig sind. Dies gibt Aufschluss darüber, in welchem Ausmaß NRW von der technologischen Transformation betroffen ist und welche Potenziale für regionale Wertschöpfung bestehen.

Die faktische Errichtung der hier betrachteten solarthermischen Anlagen bietet sich aus den genannten Gründe vor allem außerhalb Deutschlands an, allerdings findet die Solarthermie auch in NRW Anwendung. Neben einigen Demonstrationsprojekten im Rahmen der Forschung wurden in NRW im Jahr 2018 Wärmemengen von lediglich 865 kWh durch solarthermische Anlagen erzeugt. Daneben sind mit 75 die meisten solarthermischen Prozesswärmeanlagen in NRW vertreten (Cluster Energieforschung NRW 2012; Föderal Erneuerbar 2019). Vor allem aber sind nordrhein-westfälische Forschungsinstitute stark in diesem Technologiefeld aktiv (Cluster Energieforschung NRW 2012). Darüber hinaus sind aber auch hiesige Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette im Bereich der Solarthermie tätig. Im Deutschen Industrieverband Central Solar Power stellt NRW mit knapp 30 Prozent die meisten Mitglieder. Darunter befinden sich neben Forschungsinstituten Hersteller von Anlagen und Komponenten als auch Betreiber und Anbieter beratender Funktionen im Bereich der Solarthermie (DCSP 2020). Angesichts dessen, dass deutsche Anbieter sich im Bereich einiger Komponenten bereits vor einigen Jahren als Weltmarktführer etablieren konnten, sind durch die in NRW ansässigen Akteure signifikante Wertschöpfungseffekte im Rahmen des internationalen Ausbaus Erneuerbarer Energien zu erwarten. Insgesamt konnten bei kommerziellen solarthermischen Kraftwerken teilweise bereits deutsche Lieferrateile von bis zu 40 Prozent erreicht werden (VDI 2015).

b) Regionale Wertschöpfung

Entwicklung, Fertigung und der Betrieb der betrachten technischen Anlagen sowie die Nutzung der entstehenden Endprodukte sind Bestandteil bestehender oder neu entstehender Wertschöpfungsketten. Es wird untersucht, ob durch die Präsenz von Branchen und Unternehmen auf einzelnen Wertschöpfungsstufen umfangreiche Anteile der Wertschöpfung in NRW generiert werden können. Zusätzlich wird berücksichtigt, ob Neuansiedlungen oder Abwanderungen einzelner Wertschöpfungsstufen beispielsweise aufgrund von Standortfaktoren zu erwarten sind.

Gerade im Bereich der Entwicklung und Fertigung von Anlagenteilen und auch der Errichtung ganzer Anlagen sind deutliche Wertschöpfungseffekte zu erwarten. Durch das begrenzte Einsatzpotenzial im Landesinneren ergeben sich diese vor allem auch im Exportgeschäft. Detaillierte Bemessungen der nordrhein-westfälischen Wertschöpfungsanteile liegen bislang allerdings nicht vor. Die eigenen begrenzten Potenziale zur Nutzung der Solarenergie grenzt die Wertschöpfung im Rahmen der Anwendung ein. Zwar gibt es in NRW umfangreiche Dachflächenpotenziale, jedoch fehlen die Anwendungsmöglichkeiten für die hier betrachteten Kraftwerkstypen. Ebenso ergibt sich daraus keine absehbare Wertschöpfung aus der unmittelbaren Nutzung des erzeugten Stroms respektive der erzeugten Wärme, ohne die Annahme umfangreicher Importe klimaneutraler Energieträger aus sonnenreichen Regionen. Allerdings ist davon auszugehen, dass durch die angesiedelten Akteure signifikante ökonomische Potenziale im Rahmen der Fertigung und des Exports von Komponenten und Anlagen gehoben werden können. Dazu zählen auch die Kooperationsmöglichkeiten mit Forschungsinstituten vor Ort als auch die Erzeugung notwendiger Materialien durch die überproportional vertretene Grundstoffindustrie, beispielsweise in den Wirtschaftszweigen Minerale, Metalle und Chemie (Destatis 2019; IT.NRW 2019a, 2019b).

c) Standortfaktoren

Mit diesem Begriff werden qualitativ verschiedene Kriterien des Landes NRW benannt und bewertet, die für die Etablierung der betrachteten Technologien wichtig sind. Darunter fallen beispielsweise der Bestand der technischen Infrastruktur sowie die Potenziale für Kooperation durch die regionale Präsenz relevanter Akteure.

Als Standortvorteil sind hier vor allem die Ansässigen Forschungsinstitute und -projekte zu nennen, die Kooperationen zu Entwicklungen im Bereich der Solarthermie ermöglichen. Allerdings ergeben sich durch die begrenzten Potenziale im Bereich der Solarenergieerzeugung wie auch bei der Verfügbarkeit geeigneter Flächen aufgrund der hohen Bevölkerungsdichte keine Potenziale für regionale Anwendungen solarthermischer Kraftwerke. Ohnehin ergeben sich Potenziale zur Anwendung dieser Technologie vor allem außerhalb Deutschlands.

Literaturverzeichnis

- Cluster Energieforschung NRW (2012): Solarthermische Kraftwerke. Know-how aus Nordrhein-Westfalen. Energieagentur NRW.
- DCSP (2020): Mitgliederliste. Deutscher Industrieverband Concentrated Solar Power. Online verfügbar unter <https://deutsche-csp.de/kategorie/mitgliederliste/>.
- Destatis (2019): Produzierendes Gewerbe - Betriebe, Tätige Personen und Umsatz des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden nach Beschäftigtengrößenklassen 2018. Statistisches Bundesamt (Fachserie 4, Reihe 4.1.2).
- Destatis (2020): Energieverbrauch der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe: Deutschland, Jahre, Nutzung des Energieverbrauchs, Wirtschaftszweige, Energieträger (in GigaJoule). Statistisches Bundesamt.

- Föederal Erneuerbar (2019): Datenblatt: Solar. Online verfügbar unter <https://www.foederal-erneuerbar.de/uebersicht/bundeslaender/BW|BY|B|BB|HB|HH|HE|MV|NI|NRW|RLP|SL|SN|ST|SH|TH|D/kategorie/solar>.
- IT.NRW (2019a): Verarbeitendes Gewerbe - Jahre ab 2008 mit WZ 2008. Information und Technik Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf (Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0, <https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0>).
- IT.NRW (2019b): Verarbeitendes Gewerbe sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden in Nordrhein-Westfalen 2018. Betriebsergebnisse - Beschäftigte, Entgelte und Umsatz. Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen (Statistische Berichte).
- LANUV (2013): Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW Teil 2 - Solarenergie. Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV-Fachbericht, 40).
- LANUV (2019): Potenzialstudie Industrielle Abwärme. Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV-Fachbericht, 96).
- LANUV (2020): Stromerzeugung und Verbrauch. Nettostromverbrauch. Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen. Online verfügbar unter <https://www.energieatlas.nrw.de/site/werkzeuge/energiestatistik>, zuletzt geprüft am 22.06.2020.
- VDI (2015): Statusreport Regenerativer Energien in Deutschland 2015. Verein Deutscher Ingenieure. Online verfügbar unter <https://deutsche-csp.de/statusreport-regenerativer-ideen-in-deutschland-2015/>.
- Weiss, Werner; Spörk-Dür, Monika (2020): Solar Heat Worldwide. Global Market Development and Trends in 2019 - Detailed Market Data 2018. AEE Institute for Sustainable Technologies; IEA Solar Heating & Cooling Programme. Online verfügbar unter <https://www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/Solar-Heat-Worldwide-2020.pdf>.
- Wuppertal Institut; ISI; IZES (2018): Technologien für die Energiewende. Teilbericht 1 an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung; Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme. Wuppertal, Karlsruhe, Saarbrücken (Wuppertal Reports, 13.1).

TFE-NRW Ökonomische Bewertung Technologiefeld 2.4: CO₂-Nutzung (CCU)

Nachfrage Technologie	Nachfrage Endprodukt	Exportchancen	NRW-Akteure	Regionale Wertschöpfung	Standort-faktoren
++	+	+	++	++	++

1. Marktpotenzial

a) Nachfrage Technologie

Die Nachfrage nach der Technologie beschreibt das Ausmaß potenzieller Absatzmärkte für die betrachteten technologischen Anlagen in NRW. Dabei wird das bestehende aber vor allem auch die zukünftig zu erwartende Nachfrage berücksichtigt.

Die Nutzung von CO₂ aus Energie- und Industrieprozessen für die Erzeugung von Bulkchemikalien und Polymeren (andere Verwendungen wie Power-to-X werden in den jeweiligen Kapiteln begutachtet) findet weitgehend in der chemischen Grundstoffindustrie statt. NRW ist durch ein starkes Cluster industrieller Anlagen aus der Chemiebranche sowie aus der Stahlindustrie geprägt. Der NRW-Anteil an den bundesweit Beschäftigten macht in den Branchen knapp 30 Prozent respektive 47 Prozent aus (Destatis 2019; IT.NRW 2019a). Hinzu kommt die Präsenz weiterer Industriezweige wie Zement und Kalk, die leicht überproportional zum Rest Deutschlands besteht. Somit stehen in NRW jedes Jahr knapp 40 Millionen Tonnen CO₂ aus Industrieanlagen für eine mögliche chemische Weiterverwendung zur Verfügung (Wuppertal Institut 2015). Insbesondere die starke Präsenz der chemischen Industrie bedingt die positive Bewertung für die Nachfrage nach der Technologie, und damit deren Förderwürdigkeit.

b) Nachfrage Endprodukt

Die Nachfrage nach dem Endprodukt beschreibt das Ausmaß potenzieller Absatzmärkte für das mithilfe der betrachteten Technologie erzeugte oder gefertigte Produkt in NRW. Dabei wird das bestehende aber vor allem auch die zukünftig zu erwartende Nachfrage berücksichtigt.

Von den per CCU generierbaren Bulkchemikalien und Polymeren verzeichnet die Harnstoff-Synthese (Urea) weltweit mit über 94 Prozent den weitaus größten Anteil – die zugehörige Menge an verwertetem CO₂ beträgt 150 Millionen Tonnen. Das europäische Potenzial zu weiterverwertbarem CO₂ wird auf 40 Millionen Tonnen pro Jahr geschätzt, während das Potenzial für Polymere und sonstige mögliche

Bulkchemikalien auf europaweit 40 beziehungsweise 20 Millionen Tonnen geschätzt wird (Wuppertal Institut 2015).

Knapp 70 Prozent der deutschlandweiten CO₂-Umwandlung in Polycarbonat findet in NRW statt (Wuppertal Institut). Laut der befragten Experten liegen die NRW-Anteile bei Methanol ebenfalls bei mehr als 50 Prozent. Demnach kann insgesamt eine übergeordnete Rolle für die Technologie festgestellt werden.

c) Exportchancen

Der Begriff „Exportchancen“ bezeichnet die identifizierten Potenziale zur Versorgung von Absatzmärkten auf nationaler und internationaler Ebene im Bereich der betrachteten technologischen Anlagen und der damit erzeugten Endprodukte. Diese Potenziale ergeben sich dabei aus bestehenden als auch identifizierten potenziellen Fertigungs- und Exportkapazitäten und einer zu erwartenden Entwicklung der Nachfrage auf besagten Absatzmärkten.

In NRW bestehen bereits entsprechende Anlagen und Demonstrationsprojekte, sodass Akteure aus NRW bereits weltweit als Experten zum Thema konsultiert werden. Der Exportanteil an den Umsätzen der chemischen Industrie liegt in Deutschland beziehungsweise auch in NRW bei circa 60 Prozent (IT.NRW 2019b; VCI 2020). Somit bestehen auch im Hinblick auf die CCU-Technologie solide Exportchancen.

2. Wertschöpfung

a) NRW-Akteure

Der Begriff „NRW-Akteure“ bezeichnet für die Entwicklung, Fertigung und Anwendung der betrachteten Technologie relevante Unternehmen. Es wird untersucht, ob und in welchem Ausmaß relevante Branchen und Unternehmen in NRW ansässig sind. Dies gibt Aufschluss darüber, in welchem Ausmaß NRW von der technologischen Transformation betroffen ist und welche Potenziale für regionale Wertschöpfung bestehen.

Sowohl auf der Angebots- als auch auf der Nachfrageseite sind relevante Akteure in NRW in signifikantem Ausmaß vertreten. Die Herstellung und Verwendung der Endprodukte wird wohl in besonderem Maße in der Chemiebranche anfallen, die bereits in NRW ein äußerst diversifiziertes und vernetztes Cluster über gesamte Wertschöpfungsstufen mit starker Forschungsausrichtung etabliert hat. Mit insgesamt 30 Prozent der deutschen Beschäftigten ist die chemische Industrie stark in NRW vertreten. Vor allem aber die hier im Fokus stehende Grundstoffchemie mit ebenso 29 Prozent der Beschäftigten in NRW verzeichnet rund zwei Drittel des Umsatzes der Branche auf Landesebene (Destatis 2019; IT.NRW 2019b). In dem mit über 60 Millionen Euro durch den Bund geförderten Carbon2Chem Projekt werden bereits Treibhausgase aus der Stahlerzeugung für die Herstellung von Chemikalien genutzt.

b) Regionale Wertschöpfung

Entwicklung, Fertigung und der Betrieb der betrachteten technischen Anlagen sowie die Nutzung der entstehenden Endprodukte sind Bestandteil bestehender oder neu entstehender Wertschöpfungsketten. Es wird untersucht, ob durch die Präsenz von Branchen und Unternehmen auf einzelnen Wertschöpfungsstufen umfangreiche Anteile der Wertschöpfung in NRW generiert werden können. Zusätzlich wird berücksichtigt, ob die Neuansiedlungen oder Abwanderungen einzelner Wertschöpfungsstufen beispielsweise aufgrund von Standortfaktoren zu erwarten sind.

In NRW agiert zum einen eine Vielzahl von Unternehmen aus der chemischen Industrie, für die ein hohes Wertschöpfungspotenzial in der Fertigung von CCU-Produkten liegen kann. Neben den hohen Anteilen in der Grundstoffchemie sind auch in weiteren Wirtschaftszweigen der Branche deutlich über 20 Prozent der in Deutschland Beschäftigten in NRW tätig, in einigen Bereichen sind es sogar bis zu knapp 40 Prozent (Destatis 2019; IT.NRW 2019b, 2019a). Die ansässige chemische Industrie ist bereits ein weltweit bedeutender Zulieferer von Bulkchemikalien und Polycarbonaten, sodass auf diesem Potenzial weiter aufgebaut werden kann.

c) Standortfaktoren

Mit diesem Begriff werden qualitativ verschiedene Kriterien des Landes NRW benannt und bewertet, die für die Etablierung der betrachteten Technologien wichtig sind. Darunter fallen beispielsweise der Bestand der technischen Infrastruktur sowie die Potenziale für Kooperation durch die regionale Präsenz relevanter Akteure.

In NRW sind durch erste Pilotprojekte und eine im bundesvergleich überdurchschnittliche starke Forschungsförderung bereits erste Grundsteine für eine umfassende chemische Nutzung von abgeschiedenem CO₂ vorhanden. Gerade die Nähe zu möglichen Lieferanten von abgeschiedenem CO₂, etwa aus der Stahl- und Zementindustrie, unterstreicht den Standortvorteil Nordrhein-Westfalens gegenüber anderen Bundesländern. Ebenso bestehen bereits Pipelineverbindungen zum Transport von Produkten der Petrochemie (Görner und Lindenberger 2018; Wuppertal Institut 2018).

Literaturverzeichnis

- Destatis (2019): Produzierendes Gewerbe - Betriebe, Tätige Personen und Umsatz des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden nach Beschäftigtengrößenklassen 2018. Statistisches Bundesamt (Fachserie 4, Reihe 4.1.2).
- Görner, K.; Lindenberger, D. (Hg.) (2018): Virtuelles Institut Strom zu Gas und Wärme - Flexibilisierungsoptionen im Strom-Gas-Wärme-System. Abschlussbericht Band 2.
- IT.NRW (2019a): Verarbeitendes Gewerbe - Jahre ab 2008 mit WZ 2008. Information und Technik Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf (Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0, <https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0>).
- IT.NRW (2019b): Verarbeitendes Gewerbe sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden in Nordrhein-Westfalen 2018. Unternehmens- und Betriebsergebnisse, Investi-

tionen. Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen (Statistische Berichte).

Wuppertal Institut: WISEE Datenbank. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.

Wuppertal Institut (2015): CO2 Reuse NRW: Evaluating Gas Sources, Demand and Utilization for CO2 and H2 within the North Rhine-Westphalia Area with Respect to Gas Qualities. Final Report. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Wuppertal.

Wuppertal Institut (2018): Landscaping: Untersuchung der Anforderung an die Untersuchung der Anforderung an die energieintensive Wirtschaft und den Standort NRW im Übergang zu einem weitgehend auf erneuerbaren Energien basierenden Energiesystem der Zukunft. Projektbericht. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Wuppertal.

TFE-NRW Ökonomische Bewertung Technologiefeld

3.3a: Energiespeicher (elektrisch und elektro-chemisch)

Nachfrage Technologie	Nachfrage Endprodukt	Exportchancen	NRW-Akteure	Regionale Wertschöpfung	Standort-faktoren
+	++	0	+	0	+

1. Marktpotenzial

a) Nachfrage Technologie

Die Nachfrage nach der Technologie beschreibt das Ausmaß potenzieller Absatzmärkte für die betrachteten technologischen Anlagen in NRW. Dabei wird das bestehende, aber vor allem auch die zukünftig zu erwartende Nachfrage berücksichtigt.

Neben der Verarbeitung von Batteriespeichern für mobile Anwendungen bietet sich dauerhaft auch die vermehrte Nutzung stationärer Speicher an, beispielsweise als Großspeicher für die öffentliche Stromversorgung. In den vergangenen Jahren ist bereits ein starker Anstieg der stationären Batteriespeicher in Deutschland zu erkennen (Figgener et al. 2020). Entsprechend der Bevölkerungsanteile bestehen hier durch den hohen Strombedarf in NRW auch hohe Anwendungspotenziale. Darüber hinaus gilt es langfristig, bei hohen Anteilen Erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung die erzeugten Strommengen effektiv zu nutzen, da auf Landesebene einem hohen Strombedarf nur begrenzte Erzeugungspotenziale gegenüberstehen. Beispielsweise lag der Anteil der Erneuerbaren an der Stromerzeugung in NRW in 2017 mit 11 Prozent deutlich unter dem Wert auf Bundesebene von 33 Prozent (Föederal Erneuerbar 2019). Es bestehen bereits mehrere Pilotprojekte zur Nutzung stationärer Speicher und es sind mehrere Speicher in einer Größenordnung von bis zu 15 GW zur Anwendung im Bereich der öffentlichen Stromversorgung geplant (Energieagentur.NRW 2020). Zusätzlich bietet sich mittel- bis langfristig eine direkte Anwendung in großen energieintensiven Industrieunternehmen an, da somit die eigene Versorgungssicherheit gewährleistet werden kann und in der Industrie bereits Potenziale zur Senkung der Energiekosten durch Flexibilität im Stromkonsum erkannt wurden (BNetzA 2020). Das gilt vor allem für Industriebranchen mit einem sehr hohen Strombedarf, dies sind vor allem die Metall- und Chemieindustrie, die deutlich überproportional in NRW vertreten sind (Destatis 2019, 2020; IT.NRW 2019).

Weltweit ist ein starker Anstieg der Nachfrage nach Lithium-Batterien zu beobachten, dieser ist in den vergangenen 5 Jahren zum großen Teil auf die steigenden Produktionszahlen von Elektroautos zurückzuführen (Fraunhofer ISI 2018). Allerdings ist die Automobilindustrie mit 10 Prozent der deutschen Beschäftigten in diesem Wirtschaftszweig deutlich unterproportional in NRW vertreten und die

größten deutschen Hersteller von elektrisch betriebenen Fahrzeugen sind außerhalb NRWs ansässig (Destatis 2019; IT.NRW 2019). Ein weiteres zentrales Anwendungsgebiet sind stationäre Speicher in Haushalten, in der Regel in Kombination mit Photovoltaikanlagen. Hier sind in NRW bereits umfangreiche Anwendungen zu verzeichnen. Gerade im Verhältnis zu den verfügbaren Dachflächen sind allerdings in den südlichen Bundesländern aufgrund der höheren Potenziale der Solarenergie deutlich größere Mengen stationärer Batteriespeicher in Wohngebäuden in Betrieb (Figgener et al. 2020).

b) Nachfrage Endprodukt

Die Nachfrage nach dem Endprodukt beschreibt das Ausmaß potenzieller Absatzmärkte für das mithilfe der betrachteten Technologie erzeugte oder gefertigte Produkt in NRW. Dabei wird die bestehende aber vor allem auch die zukünftig zu erwartende Nachfrage berücksichtigt.

In den einzelnen Anwendungen kleinerer Batteriespeicher ist in NRW zwar von einem überdurchschnittlichen, aber nicht von einem im Verhältnis zu den Bevölkerungsanteilen überproportionalen Marktpotenzial auszugehen. Die Bereitstellung zusätzlicher Stromreserven ist für NRW allerdings besonders relevant. Etwa ein Viertel des deutschen Strombedarfs entfällt auf NRW (Föderal Erneuerbar 2019). Der hohe Strombedarfsanteil ergibt sich durch die große Bevölkerungszahl und gerade auch durch die ansässige energieintensive Industrie. Insgesamt ist über die Hälfte des Stromverbrauchs auf die Industrie zurückzuführen (LANUV 2020). Die Industriebranchen mit den höchsten Stromverbräuchen in Deutschland sind dabei besonders stark in NRW vertreten. Dabei handelt es sich um die Wirtschaftszweige Metallerzeugung und -bearbeitung und Chemie, welche mit 42 Prozent respektive 30 Prozent der in Deutschland Beschäftigten in den jeweiligen Branchen in NRW ansässig sind. Daneben sind auch von weiteren stromintensiven Branchen, wie der Papierindustrie, Lebensmittelproduktion, Maschinenbau sowie die Herstellung von Kunststoffen und Glas ebenfalls zu jeweils zwischen 19 Prozent und 25 Prozent in NRW vertreten (Destatis 2019, 2020; IT.NRW 2019). Mittel- bis Langfristig ist durch die direkte und indirekte Elektrifizierung einzelner Vorgänge im Rahmen der Energiewende von einer deutlichen Steigerung des Strombedarfs auszugehen.

c) Exportchancen

Der Begriff „Exportchancen“ bezeichnet die identifizierten Potenziale zur Versorgung von Absatzmärkten auf nationaler und internationaler Ebene im Bereich der betrachteten technologischen Anlagen und der damit erzeugten Endprodukte. Diese Potenziale ergeben sich dabei aus bestehenden als auch identifizierten potenziellen Fertigungs- und Exportkapazitäten und der zu erwartenden Entwicklung der Nachfrage auf besagten Absatzmärkten.

Deutschland ist in der Forschung und Entwicklung von Batterien durchaus konkurrenzfähig, allerdings sind die Weltmarktanteile beim Handel mit Batterien und einzelnen Komponenten deutlich geringer. Zwar ist Deutschland in Europa führend, allerdings wird nahezu die gesamte internationale Nachfrage von asiatischen Anbietern und teilweise aus den USA bedient (Fraunhofer ISI 2018). Daher ist vor allem für den nichteuropäischen Markt gerade im Bereich der vielgenutzten Lithium-Batterien kein Exportpotenzial erkennbar. In NRW sind Forschungsinstitute mit Aktivitäten im Bereich verschiedener Speichertechnologien stark vertreten, Entwicklung und Fertigung auf Unternehmensseite allerdings nur unterproportional (Cluster Energieforschung NRW 2014; BMBF 2019). Durch eine stärkere Ansiedlung gerade auch der Zellfertigung könnten mittelfristig Exportpotenziale innerhalb Deutschlands, beispielsweise für die Automobilindustrie, aber auch ins europäische Ausland entstehen. Das Bundesministerium für Forschung und Entwicklung plant bereits die verstärkte Förderung der Forschungsaktivitäten im Bereich der Zellfertigung. Allerdings sind beispielsweise in der Automobilindustrie bereits eigene Bestrebungen zur Zellfertigung zu beobachten.

Im Bereich einzelner Komponenten könnten sich zusätzlich Potenziale durch die stark vertretene chemische Industrie ergeben, die ohnehin hohe Exportquoten von teilweise über 60 Prozent aufweist. Beispielsweise könnten sich weitere Potenziale im Bereich der Kathoden ergeben, da Deutschland in diesem Bereich bereits Zugewinne bei den Weltmarktanteilen erzielen konnte (Fraunhofer ISI 2018).

2. Wertschöpfung

a) NRW Akteure

Der Begriff „NRW Akteure“ bezeichnet für die Entwicklung, Fertigung und Anwendung der betrachteten Technologie relevante Unternehmen. Es wird untersucht, ob und in welchem Ausmaß relevante Branchen und Unternehmen in NRW ansässig sind. Dies gibt Aufschluss darüber, in welchem Ausmaß NRW von der technologischen Transformation betroffen ist und welche Potenziale für regionale Wertschöpfung bestehen.

Im Bereich der Forschung und Entwicklung sind führende Institute in NRW vertreten, wodurch Innovationen im Bereich der Batteriespeicher vorangetrieben werden. Unternehmen im Bereich der Batterieentwicklung und -fertigung sind im Vergleich zu Bundesländern im Süden Deutschlands weniger vertreten (BMBF 2019). Beispielsweise sind gerade große Unternehmen in der Automobilindustrie immer stärker in diesem Bereich tätig - diese sind allerdings ebenso nicht in NRW ansässig (Wuppertal Institut et al. 2018). Ein weiteres Beispiel für eine wachsende Anwendung von Batteriespeichern sind Speicheranlagen für Photovoltaikanlagen. In diesem Bereich fertigen die führenden Anbieter für den deutschen Markt ebenfalls nicht in NRW (RWTH Aachen 2018). Allerdings ist laut Aussage der Experten durchaus eine beträchtliche Anzahl der Zulieferer in NRW ansässig. Dabei handele es sich großenteils um mittelständische Unternehmen.

Weitere Wertschöpfungspotenziale ergeben sich noch durch die Anwendung der stationären Batteriespeicher in der Energieversorgung. In diesem Bereich sind bereits mehrere Pilotprojekte von Speichern in unmittelbarer Nähe zu Kraftwerken von bis zu 15 GW als auch Pilotprojekte zur Nutzung von Second-Life-Batterien aus Fahrzeugen geplant (Energieagentur.NRW 2020). Darüber hinaus sind mehrere Chemieunternehmen in der Fertigung einzelner Batteriekomponenten tätig, wodurch die starke Präsenz der Chemieindustrie in NRW mit 30 Prozent der deutschlandweiten Beschäftigten zusätzliche Potenziale zur regionalen Wertschöpfung bietet (Destatis 2019; IT.NRW 2019). Auch ergeben sich durch die vorhandenen Standorte der chemischen Industrie zusätzlich Potenziale im Bereich des Recyclings von Batterien.

b) Regionale Wertschöpfung

Entwicklung, Fertigung und der Betrieb der betrachteten technischen Anlagen sowie die Nutzung der Endprodukte sind Bestandteil bestehender oder neu gebildeter Wertschöpfungsketten. Es wird untersucht, ob durch die Präsenz von Branchen und Unternehmen auf einzelnen Wertschöpfungsstufen umfangreiche Anteile der Wertschöpfung in NRW generiert werden können. Zusätzlich wird berücksichtigt, ob die Neuansiedlungen oder Abwanderungen einzelner Wertschöpfungsstufen beispielsweise aufgrund von Standortfaktoren zu erwarten sind.

Bisher ist vor allem die Forschung stark in NRW vertreten. Durch den hohen Strombedarf des Landes und auch einzelner Akteure in der Industrie ergibt sich zusätzlich ein signifikantes Wertschöpfungspotenzial im Bereich der Anwendung stationärer Batteriespeicher. Durch die unterproportionale Vertretung zentraler verarbeitenden Branchen von kleinerer Batteriespeicher, wie in der Automobilindustrie, ist diesbezüglich nicht von überproportionalen Wertschöpfungseffekten auszugehen. Die Herstellung von Komponenten ist zurzeit ebenfalls nur begrenzt in NRW ansässig, obwohl gerade im Mittelstand eine signifikante Anzahl von Komponentenherstellern laut der Experten in Nordrheinwestfalen tätig ist (BMBF 2019). Daher werden zukünftige Potenziale entlang der Wertschöpfungskette auch stark davon abhängen, inwieweit die geplante Förderung des hiesigen Forschungsstandorts zu einer umfangreichen Ansiedlung der Zellfertigung führen wird und ob durch die bestehende Forschungslandschaft Innovationen im Bereich der Batteriespeichertechnologien entwickelt und auch zur Marktreife vorangetrieben werden können. Ohnehin bildet die Zellfertigung den bislang noch fehlenden Anteil in der deutschen Wertschöpfung bei der Batterieherstellung. Andere Bestandteile von Batterien werden bereits umfangreich in Deutschland gefertigt und im hiesigen Maschinenbau sind alle notwendigen Kompetenzen zum Aufbau einer kompletten Batterieproduktion vorhanden (Wuppertal Institut et al. 2018). Eine genauere Identifizierung potenzieller Wertschöpfungseffekte in NRW bedarf einer umfangreicheren Untersuchung der hiesigen Forschungsprojekte, der Innovationspolitik als auch des wettbewerblichen Umfeldes.

c) Standortfaktoren

Mit diesem Begriff werden qualitativ verschiedene Kriterien des Landes NRW benannt und bewertet, die für die Etablierung der betrachteten Technologien wichtig sind. Darunter fallen beispielsweise der Bestand der technischen Infrastruktur sowie die Potenziale für Kooperation durch die regionale Präsenz relevanter Akteure.

Ein Standortvorteil ist die stark vertretene Forschung und Entwicklung verschiedener Speichertechnologien durch ansässige Institute (BMBF 2019; Cluster Energieforschung NRW 2014). In der Vergangenheit zeigte sich, dass gerade neue Speichertechnologien oftmals von relativ kleinen Unternehmen (weiter-)entwickelt wurden und sie entstanden vielfach infolge erfolgreicher Demonstrationsprojekte. Daher dient die vorhandene Forschungsinfrastruktur als Grundstein für Wertschöpfungseffekte infolge technischer Innovationen. Dabei ist allerdings entscheidend, dass innovative Akteure die nötige Förderung erhalten, um die Technologien zur notwendigen Serienreife fortzuentwickeln (Radgen 2007). Darüber hinaus könnte die Nähe zu den zentralen Standorten der chemischen Industrie Kooperationen bei der Komponentenfertigung und des Recyclings ermöglichen.

Literaturverzeichnis

- BMBF (2019): Batterieforschung und Transfer stärken. Innovationen beschleunigen Dachkonzept „Forschungsfabrik Batterie“. Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- BNetzA (2020): Monitoringbericht 2019. Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen.
- Cluster Energieforschung NRW (2014): Energiespeicher. Innovative Technologien aus Nordrhein-Westfalen. Energieagentur NRW.
- Destatis (2019): Produzierendes Gewerbe - Betriebe, Tätige Personen und Umsatz des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden nach Beschäftigtengrößenklassen 2018. Statistisches Bundesamt (Fachserie 4, Reihe 4.1.2).
- Destatis (2020): Energieverbrauch der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe: Deutschland, Jahre, Nutzung des Energieverbrauchs, Wirtschaftszweige, Energieträger (in GigaJoule). Statistisches Bundesamt.
- Energieagentur.NRW (2020): Energiespeicher NRW. Plattform Sektorenkopplung. Online verfügbar unter <https://www.energieagentur.nrw/tool/sektorenkopplung/information/flexibilisierungs-und-speicheroptionen/energiespeicher-in-nrw.php>, zuletzt geprüft am 04.06.2020.
- Figgenger, Jan; Stenzel, Peter; Kairies, Kai-Philipp; Linßen, Jochen; Haberschusz, David; Wessels, Oliver et al. (2020): The development of stationary battery storage systems in Germany – A market review. In: Journal of Energy Storage (29).
- Föederal Erneuerbar (2019): Datenblatt: Strom. Online verfügbar unter <https://www.foederal-erneuerbar.de/uebersicht/kategorie/strom/bundeslaender/BW|BY|B|BB|HB|HH|HE|MV|NI|NRW|RLP|SL|SN|ST|SH|TH|D>, zuletzt geprüft am 10.06.2020.
- Fraunhofer ISI (2018): Energiespeicher-Monitoring 2018. Leitmarkt- und Leitanbieterstudie: Lithium-Ionen Batterien für die Elektromobilität. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung.
- IT.NRW (2019): Verarbeitendes Gewerbe sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden in Nordrhein-Westfalen 2018. Betriebsergebnisse - Beschäftigte, Entgelte und

Umsatz. Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen (Statistische Berichte).

LANUV (2020): Stromerzeugung und Verbrauch. Nettostromverbrauch. Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen. Online verfügbar unter <https://www.energieatlas.nrw.de/site/werkzeuge/energiestatistik>, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

Radgen, Peter (2007): Zukunftsmarkt Elektrische Energiespeicherung. Fallstudie im Auftrag des Umweltbundesamtes. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung.

RWTH Aachen (2018): Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm Solarstromspeicher 2.0. Jahresbericht 2018. Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe RWTH Aachen.

Wuppertal Institut; ISI; IZES (2018): Technologien für die Energiewende. Teilbericht 1 an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung; Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme (Wuppertal Reports, 13.1).

TFE-NRW Ökonomische Bewertung Technologiefeld 4.1: Power-to-gas (Wasserstoff)

Nachfrage Technologie	Nachfrage Endprodukt	Exportchancen	NRW-Akteure	Regionale Wertschöpfung	Standort-faktoren
+	++	++	++	+	+

1. Marktpotenzial

a) Nachfrage Technologie

Die Nachfrage nach der Technologie beschreibt das Ausmaß potenzieller Absatzmärkte für die betrachteten technologischen Anlagen in NRW. Dabei wird das bestehende, aber vor allem auch die zukünftig zu erwartende Nachfrage berücksichtigt.

Mit einem Anteil von 29 Prozent der Beschäftigten in Deutschland ist ein Großteil der chemischen Grundstoffindustrie in NRW vertreten. Diese ist für die Produktion auf Wasserstoff angewiesen und produziert ihn zurzeit mithilfe konventioneller Energieträger. Zusätzlich bestehen bereits im Bereich der ebenso signifikant in NRW vertretenen Raffinerien der mineralölverarbeitenden Industrie Pläne und erste Projekte zur Wasserstoffherstellung per Elektrolyse. Dabei sind 28 Prozent der Beschäftigten im Bereich Kokereien und Mineralölverarbeitung²³ in NRW ansässig (Destatis 2019; IT.NRW 2019; Wuppertal Institut 2019).

Aufgrund der begrenzten Flächenpotenziale zur effizienten Stromerzeugung durch Wind- oder Solarenergie sind die Möglichkeiten zur Errichtung umfangreicher Erzeugungskapazitäten mit angeschlossener Wasserstoffherzeugung deutlich limitiert. Eine umfangreiche regionale erneuerbare Stromerzeugung über den eigenen Stromverbrauch hinaus zur Wasserstoffproduktion ist mittel- bis langfristig nicht zu erwarten. Im Jahr 2017 lag NRW mit einem Anteil von 5,6 Prozent der Windenergie und 2,3 Prozent der Photovoltaik an der Bruttostromerzeugung deutlich unter den Anteilen auf Bundesebene von 13,5 Prozent respektive 5,9 Prozent (2016). Insgesamt lag der Anteil der Erneuerbaren an der Stromerzeugung in NRW in 2017 mit 11 Prozent deutlich unter dem Wert auf Bundesebene von 33 Prozent (Föederal Erneuerbar 2019).

²³ Dabei machen die Kokereien nur 5 Prozent aller deutschlandweite Beschäftigten in diesem Wirtschaftszweig aus.

b) Nachfrage Endprodukt

Die Nachfrage nach dem Endprodukt beschreibt das Ausmaß potenzieller Absatzmärkte für das mithilfe der betrachteten Technologie erzeugte oder gefertigte Produkt in NRW. Dabei wird die bestehende aber vor allem auch die zukünftig zu erwartende Nachfrage berücksichtigt.

In NRW ist bereits ein verhältnismäßig hoher Wasserstoffbedarf zu verzeichnen, langfristig wird eine deutliche Steigerung zu erwarten sein. Im Durchschnitt fällt weltweit 99 Prozent des Wasserstoffverbrauchs auf die Bereiche der chemischen Industrie, der Raffinerien und der Metallverarbeitung (Wuppertal Institut et al. 2018). Durch die hohen NRW-Anteile der deutschen Beschäftigten in der chemischen Grundstoffindustrie und der Metallerzeugung und -verarbeitung von 29 Prozent respektive 42 Prozent, aber auch der Raffinerien mit 36 Prozent der deutschen Rohölverarbeitung, besteht eine hohe Nachfrage, die dauerhaft über grünen Wasserstoff gedeckt werden kann. Allen voran ist durch eine klimaneutrale Stahlherstellung per Wasserstoffeinsatz ein erheblicher Anstieg der Nachfrage in diesem Bereich zu erwarten. Dabei sind 47 Prozent der deutschen Stahlindustrie in NRW angesiedelt (Destatis 2019; IT.NRW 2019; Wuppertal Institut 2019).

Neben Anwendungen im Industriesektor sind solche im Gebäude- und Lastverkehrssektor denkbar. Insgesamt geht die „Wasserstoffstudie Nordrhein-Westfalen“ davon aus, dass der Wasserstoffbedarf in NRW bis auf 160 TWh pro Jahr im Jahr 2050 ansteigen kann, wobei szenarioabhängig zwischen 45 Prozent und 64 Prozent auf den Industriesektor entfallen. Dabei wird insgesamt von einem NRW-Anteil an der deutschen Nachfrage von 20-30 Prozent ausgegangen (Michalski et al. 2019).

c) Exportchancen

Der Begriff „Exportchancen“ bezeichnet die identifizierten Potenziale zur Versorgung von Absatzmärkten auf nationaler und internationaler Ebene im Bereich der betrachteten technologischen Anlagen und der damit erzeugten Endprodukte. Diese Potenziale ergeben sich dabei aus bestehenden als auch identifizierten potenziellen Fertigungs- und Exportkapazitäten und der zu erwartenden Entwicklung der Nachfrage auf besagten Absatzmärkten.

Deutschland war in den vergangenen Jahren mit einem Anteil von knapp 20 Prozent am Weltmarkt bereits Marktführer beim Handel mit Elektrolyseuren. Laut Experten sind auch führende Hersteller dieser Technologie in NRW vertreten, die sich zur Kopplung mit volatiler Stromeinspeisung erneuerbarer Erzeugungskapazität zur Wasserstoffherstellung eignen. Vor dem Hintergrund eines starken Anstiegs der internationalen Nachfrage sind deutliche Exportpotenziale in der Anlagenfertigung zu erwarten (Frontier Economics und Institut der deutschen Wirtschaft 2018). Darüber hinaus sind 19 Prozent des deutschen Maschinenbaus in NRW vertreten, mit einer Exportquote von 61 Prozent. Durch den eigenen hohen Bedarf und damit Anwendungen im Bereich der Wasserstofferzeugung können Erkenntnisse zur Weiterentwicklung der Maschinen gewonnen werden (Destatis 2019; IT.NRW 2019).

Durch begrenzte Kapazitäten zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien für den hohen Eigenbedarf ist allerdings kein Wasserstoff-Export in signifikantem Ausmaß zu erwarten. Langfristig ist von einer zusätzlichen Abdeckung der inländischen Nachfrage durch Importe auszugehen.

2. Wertschöpfung

a) NRW-Akteure

Der Begriff „NRW Akteure“ bezeichnet für die Entwicklung, Fertigung und Anwendung der betrachteten Technologie relevante Unternehmen. Es wird untersucht, ob und in welchem Ausmaß relevante Branchen und Unternehmen in NRW ansässig sind. Dies gibt Aufschluss darüber, in welchem Ausmaß NRW von der technologischen Transformation betroffen ist und welche Potenziale für regionale Wertschöpfung bestehen.

Gerade auf der Nachfrageseite sind in NRW relevante Akteure in signifikantem Ausmaß vertreten. Besonders auf die Sektoren Chemie und Stahl wird dauerhaft ein Großteil des Wasserstoffbedarfs entfallen. Diese Branchen sind mit 30 Prozent respektive 47 Prozent der deutschen Beschäftigten stark in NRW vertreten (Destatis 2019; IT.NRW 2019). Durch die ansässige Chemieindustrie samt Raffinerien sind auch hohe Kapazitäten auf der Produktionsseite zu erwarten. Darüber hinaus sind führenden Anlagenhersteller im Bereich der Wasserstoffelektrolyse in NRW tätig.

b) Regionale Wertschöpfung

Entwicklung, Fertigung und der Betrieb der betrachteten technischen Anlagen sowie die Nutzung der Endprodukte sind Bestandteil bestehender oder neu gebildeter Wertschöpfungsketten. Es wird untersucht, ob durch die Präsenz von Branchen und Unternehmen auf einzelnen Wertschöpfungsstufen umfangreiche Anteile der Wertschöpfung in NRW generiert werden können. Zusätzlich wird berücksichtigt, ob die Neuansiedlungen oder Abwanderungen einzelner Wertschöpfungsstufen beispielsweise aufgrund von Standortfaktoren zu erwarten sind.

Aufgrund des hohen industriellen Wasserstoffverbrauchs von zukünftig 45-64 Prozent des zu erwartenden gesamten Wasserstoffbedarfs in NRW ist von einer starken Wertschöpfung bei der Anwendung von Wasserstoff auszugehen (Michalski et al. 2019). Dieser wird vor allem in der chemischen Industrie und auch bei der Metallerzeugung und -verarbeitung benötigt. Diese Sparten machten in 2018 mit insgesamt 87 Mrd. Euro über 24 Prozent des Umsatzes des verarbeitenden Gewerbes in NRW aus (IT.NRW 2019). Auch in der Fertigung und dem Export von Elektrolyseuren sind signifikante Wertschöpfungseffekte zu erwarten, da Deutschland bereits als einer der führenden Anbieter von Elektrolyseuren auf dem Weltmarkt etabliert ist und durch ansässige Akteure im Bereich der Forschung und Fertigung Potenziale gehoben werden können.

Im Bereich der Wasserstoffherstellung bestehen Wertschöpfungspotenziale im Bereich der Chemie und Raffinerien. Allerdings bergen begrenzte Erzeugungskapazitäten der erneuerbaren Stromerzeugung in NRW das Problem, dass ein Großteil des benötigten Wasserstoffs außerhalb des Bundeslandes erzeugt wird. Aufgrund der physischen Eigenschaften ist Wasserstoff deutlich einfacher zu speichern und transportieren als Strom, weshalb sich die Erzeugung an Orten mit hohen Solar- und Windpotenzialen anbietet. Beispielsweise planen mehrere Mineralölunternehmen die Wasserstoffherzeugung per Elektrolyse in großem Maßstab nahe des Hafens Rotterdam, um den erzeugten Wasserstoff in den dortigen Raffineriestandorten direkt zu verarbeiten.

c) Standortfaktoren

Mit diesem Begriff werden qualitativ verschiedene Kriterien des Landes NRW benannt und bewertet, die für die Etablierung der betrachteten Technologien wichtig sind. Darunter fallen beispielsweise der Bestand der technischen Infrastruktur sowie die Potenziale für Kooperation durch die regionale Präsenz relevanter Akteure.

Zwar fehlt es in Nordrhein-Westfalen an signifikanten Solar-, Wind- und Flächenpotenzialen zur regionalen Stromerzeugung, durch die regionale Dichte von Erzeugern und Verbrauchern von Wasserstoff besteht allerdings bereits eine entsprechende Infrastruktur in NRW, mit der vor allem Chemiestandorte beliefert werden. Zusätzlich können freiwerdende Gasleitungen zum Wasserstofftransport genutzt werden. So fehlt es bisher noch an nötiger Speicherkapazität, es sind aber schon erste Grundsteine für eine umfassende Wasserstoffinfrastruktur vorhanden (Wuppertal Institut 2018). Darüber gibt es mit „Get H2“ bereits ein Projekt zur Etablierung eines öffentlich zugänglichen Wasserstoffpipelinesystems, dass von einem Verbund an Unternehmen aus den Bereichen Mineralölverarbeitung, Energiewirtschaft und Gasnetzbetreibern umgesetzt wird und Ende 2022 eröffnet werden soll.

Zusätzlich bieten sich durch die räumliche Nähe der einzelnen Industriezweige weitere Kooperationen an. Dies betrifft bestehende Kooperationen der Chemieindustrie zur Versorgung von Raffinerien mit Wasserstoff wie auch weitere Kooperationen zu Zwecken des Informationsaustauschs und der Weiterentwicklung schon vorhandener Prozesse, wie beispielsweise zwischen der Chemie- und Stahlindustrie zur Wasserstoffversorgung einer zukünftig klimaneutralen Stahlerzeugung. Zwischen diesen beiden in NRW stark vertretenen Branchen bestehen bereits Kooperationsprojekte im Bereich der Power-to-X Technologien.

Literaturverzeichnis

- Destatis (2019): Produzierendes Gewerbe - Betriebe, Tätige Personen und Umsatz des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden nach Beschäftigtengrößenklassen 2018. Statistisches Bundesamt (Fachserie 4, Reihe 4.1.2).
- Föderal Erneuerbar (2019): Datenblatt: Strom. Online verfügbar unter <https://www.foederal-erneuer->

bar.de/uebersicht/kategorie/strom/bundeslaender/BW|BY|B|BB|HB|HH|HE|MV|NI|NRW|RLP|SL|SN|ST|SH|TH|D, zuletzt geprüft am 10.06.2020.

- Frontier Economics; Institut der deutschen Wirtschaft (2018): Synthetischer Energieträger - Perspektiven für die deutsche Wirtschaft und den internationalen Handel. Eine Untersuchung der Marktpotentiale, Investitions- und Beschäftigungseffekte.
- IT.NRW (2019): Verarbeitendes Gewerbe sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden in Nordrhein-Westfalen 2018. Betriebsergebnisse - Beschäftigte, Entgelte und Umsatz. Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen (Statistische Berichte).
- Michalski, Jan; Altmann, Matthias; Bünger, Ulrich; Weindorf, Werner (2019): Wasserstoffstudie Nordrhein-Westfalen. Eine Expertise für das Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen. Ludwig Bölkow Systemtechnik.
- Wuppertal Institut (2018): Landscaping: Untersuchung der Anforderung an die Untersuchung der Anforderung an die energieintensive Wirtschaft und den Standort NRW im Übergang zu einem weitgehend auf erneuerbaren Energien basierenden Energiesystem der Zukunft. Projektbericht. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Wuppertal.
- Wuppertal Institut (2019): WISEE Datenbank. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.
- Wuppertal Institut; ISI; IZES (2018): Technologien für die Energiewende. Teilbericht 2 an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung; Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme (Wuppertal Reports, 13.2).

TFE-NRW Ökonomische Bewertung Technologiefeld 4.3: Power-to-liquids/chemicals

Nachfrage Technologie	Nachfrage Endprodukt	Exportchancen	NRW-Akteure	Regionale Wertschöpfung	Standort-faktoren
++	+	+	++	+	++

1. Marktpotenzial

a) Nachfrage Technologie

Die Nachfrage nach der Technologie beschreibt das Ausmaß potenzieller Absatzmärkte für die betrachteten technologischen Anlagen in NRW. Dabei wird das bestehende, aber vor allem auch die zukünftig zu erwartende Nachfrage berücksichtigt.

Große Anwendungspotenziale für die Power-to-Chemicals-Technologie sind in der Herstellung organischer Grundstoffe und Kunststoffe in Primärform zu erwarten. Diese Bereiche machen 80 Prozent der Beschäftigung der Grundstoffchemie in NRW aus. Mit 29 Prozent der in Deutschland Beschäftigten ist die chemische Grundstoffindustrie stark in NRW vertreten und macht rund zwei Drittel der Umsätze der chemischen Industrie aus. Weiteres großes Nachfragepotenzial gibt es bei Power-to-Fuel Anwendungen, da 36 Prozent der technischen Kapazitäten der deutschen Rohölverarbeitung in NRW ansässig sind (Wuppertal Institut 2019). Der NRW-Anteil der Beschäftigten im Bereich Kokereien und Mineralölindustrie liegt bei 28 Prozent (Destatis 2019; IT.NRW 2019b, 2019a).

b) Nachfrage Endprodukt

Die Nachfrage nach dem Endprodukt beschreibt das Ausmaß potenzieller Absatzmärkte für das mithilfe der betrachteten Technologie erzeugte oder gefertigte Produkt in NRW. Dabei wird die bestehende aber vor allem auch die zukünftig zu erwartende Nachfrage berücksichtigt.

Durch einen NRW-Anteil von 30 Prozent der deutschen Beschäftigten in der chemischen Industrie besteht eine hohe Nachfrage für Grundstoffchemikalien. Des Weiteren gibt es signifikante Abnahmekapazitäten der Folgeprodukte, wie beispielsweise der Kunststoffproduktion mit 22 Prozent der deutschen Beschäftigten in NRW. Mit einem Anteil von 21 Prozent an den zugelassenen Kraftfahrzeugen in Deutschland besteht ebenso ein beträchtliches Potenzial im Verkehrssektor von NRW durch die mögliche Nachfrage nach synthetischen Treibstoffen. Gerade im Bereich des Personenverkehrs ist diese allerdings nicht überproportional zu den Bevölkerungsanteilen des Landes (Statistikportal 2020).

c) Exportchancen

Der Begriff „Exportchancen“ bezeichnet die identifizierten Potenziale zur Versorgung von Absatzmärkten auf nationaler und internationaler Ebene im Bereich der betrachteten technologischen Anlagen und der damit erzeugten Endprodukte. Diese Potenziale ergeben sich dabei aus bestehenden als auch identifizierten potenziellen Fertigungs- und Exportkapazitäten und der zu erwartenden Entwicklung der Nachfrage auf besagten Absatzmärkten.

Absehbare Exportpotenziale ergeben sich vor allem im Bereich Power-to-Chemicals. Die in NRW stark vertretene Grundstoffindustrie verzeichnete in 2018 67 Prozent des Umsatzes der chemischen Industrie in NRW, mit einer Exportquote von über 60 Prozent. Daneben sind weitere Potenziale im Bereich des Maschinenbaus denkbar. Diese umsatzstärkste Branche des verarbeitenden Gewerbes in NRW hatte in 2018 eine Exportquote von 61 Prozent (IT.NRW 2019b). Hier bedarf es einer genaueren Untersuchung der Kompetenzen und Kapazitäten des ansässigen Maschinen- und Anlagenbaus, um eine Bemessung der Exportpotenziale in diesem Bereich vornehmen zu können.

2. Wertschöpfung

a) NRW-Akteure

Der Begriff „NRW Akteure“ bezeichnet für die Entwicklung, Fertigung und Anwendung der betrachteten Technologie relevante Unternehmen. Es wird untersucht, ob und in welchem Ausmaß relevante Branchen und Unternehmen in NRW ansässig sind. Dies gibt Aufschluss darüber, in welchem Ausmaß NRW von der technologischen Transformation betroffen ist und welche Potenziale für regionale Wertschöpfung bestehen.

In der Petrochemie wie auch bei der Erzeugung konventioneller Treibstoffe sind signifikante Anteile der in Deutschland Beschäftigten in NRW verortet. Im Bereich der chemischen Grundstoffe liegt der NRW-Anteil bei 29 Prozent, im Bereich der Mineralölverarbeitung und Kokereien bei 28 Prozent.²⁴ Es gibt in Deutschland bereits Pilotprojekte zur Erzeugung von grünem Wasserstoff zur direkten Nutzung in der Rohölverarbeitung. Hier bieten sich im nächsten Schritt Power-to-Fuel-Technologien zur Produktion klimaneutraler Treibstoffe an und 36 Prozent der rohölverarbeitenden Raffineriekapazitäten sind in NRW verortet (Wuppertal Institut 2019). Allerdings liegt das Hauptpotenzial für NRW in der Anwendung von Power-to-Chemicals und es finden sich auf unterschiedlichen Wertschöpfungsstufen zentrale Akteure. Insgesamt sind 30 Prozent der deutschen Chemieindustrie in NRW vertreten, wobei Unternehmen aus sämtlichen Teilen der Wertschöpfungsketten hier ansässig sind. Somit besteht ein hohes Potenzial zur Weiterverarbei-

²⁴ Dabei machen die Kokereien nur 5 Prozent aller deutschlandweiten Beschäftigten in diesem Wirtschaftszweig aus.

tung der erzeugten chemischen Grundstoffe vor Ort. Insgesamt verzeichnete die chemische Industrie in 2018 mit rund 44 Mrd. Euro den zweithöchsten Jahresumsatz aller Wirtschaftszweige des verarbeitenden Gewerbes in NRW, wobei gerade die Grundstoffindustrie mit 67 Prozent des erzeugten Umsatzes deutlich heraussticht (Destatis 2019; IT.NRW 2019b).

b) Regionale Wertschöpfung

Entwicklung, Fertigung und der Betrieb der betrachteten technischen Anlagen sowie die Nutzung der Endprodukte sind Bestandteil bestehender oder neu gebildeter Wertschöpfungsketten. Es wird untersucht, ob durch die Präsenz von Branchen und Unternehmen auf einzelnen Wertschöpfungsstufen umfangreiche Anteile der Wertschöpfung in NRW generiert werden können. Zusätzlich wird berücksichtigt, ob die Neuansiedlungen oder Abwanderungen einzelner Wertschöpfungsstufen beispielsweise aufgrund von Standortfaktoren zu erwarten sind.

Durch die umfangreiche Ansiedlung der chemischen Industrie und von Vertretern weiterer Verarbeitungsstufen kann besonders im Bereich Power-to-Chemicals von einer hohen regionalen Wertschöpfung ausgegangen werden. Beispielsweise bietet sich die Produktion der Grundstoffchemikalie Ethen an, die als Grundlage für Polyethylen benötigt und zur Fertigung von Kunststoffen eingesetzt wird. In diesem Fall können alle Fertigungsschritte von der Grundstoffchemie bis zur Fertigung des Endprodukts von NRW-Akteuren umgesetzt werden. In Abhängigkeit von den Stromkosten können die Produktionskosten dieser Route der Kunststoffproduktion unter Umständen auch mit denen der konventionellen Route konkurrieren (Görner und Lindenberger 2018). Darüber hinaus deuten sich auch Potenziale in der Entwicklung und Fertigung der benötigten Anlagen an. Ein Fünftel des deutschen Maschinenbaus ist in NRW angesiedelt und bietet sich als Kooperationspartner der PtL/C-Anwendungen an (Destatis 2019; IT.NRW 2019b).

Es gibt auch nennenswerte Potenziale bei der Erzeugung von synthetischen Treibstoffen durch ansässige Raffinerien. Da kaum Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien vor Ort existiert, besteht allerdings das Risiko einer Abwanderung der Produktion derartiger Kraftstoffe. Diese sind aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften deutlich einfacher zu transportieren als Strom, so dass sich die Produktion in unmittelbarer Nähe der Stromerzeugungskapazitäten anbietet. Es bestehen bereits Projektpläne mehrerer Mineralölunternehmen zur großskaligen Erzeugung von grünem Wasserstoff nahe des Hafens Rotterdam inklusive direkter Weiterverarbeitung in den angebundenen Raffineriestandorten.

c) Standortfaktoren

Mit diesem Begriff werden qualitativ verschiedene Kriterien des Landes NRW benannt und bewertet, die für die Etablierung der betrachteten Technologien wichtig sind. Darunter fallen beispielsweise der Bestand der technischen Infrastruktur sowie die Potenziale für Kooperation durch die regionale Präsenz relevanter Akteure.

In NRW befinden sich mehrere potenzielle Standorte zur Wasserstoffproduktion im Zusammenhang mit der ansässigen Grundstoffchemie. Für das benötigte CO₂ stehen aus der Energieindustrie und den vorhandenen Zweigen des verarbeitenden Gewerbes diverse Quellen zur Verfügung. Dies betrifft vor allem die Wirtschaftszweige Metalle und Minerale, aber auch die Papierindustrie. Gerade im Ruhrgebiet bietet sich die unmittelbare Nähe von chemischer und Metallindustrie zur zukünftigen Versorgung mit Wasserstoff und CO₂ an. Es gibt bereits erste Kooperationsprojekte der beiden Industriezweige in dem Demonstrationsprojekt „Carbon2Chem“. Darin werden Grundstoffchemikalien mithilfe von grünem Wasserstoff und CO₂- aus der Stahlindustrie produziert. Zum Transport von Grundstoffchemikalien steht bereits ein Pipelinenetz der chemischen Industrie zur Verfügung, die alle Chemiestandorte in NRW verbindet und von Rotterdam bis nach Ludwigshafen führt. Gerade die Chemiecluster Köln und Ruhrgebiet verfügen bereits über verschiedene Produktpipelines, die für PtC-Erzeugnisse genutzt werden können (Görner und Lindenberger 2018; Wuppertal Institut 2018).

Literaturverzeichnis

- Destatis (2019): Produzierendes Gewerbe - Betriebe, Tätige Personen und Umsatz des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden nach Beschäftigtengrößenklassen 2018. Statistisches Bundesamt (Fachserie 4, Reihe 4.1.2).
- Görner, K.; Lindenberger, D. (Hg.) (2018): Virtuelles Institut Strom zu Gas und Wärme - Flexibilisierungsoptionen im Strom-Gas-Wärme-System. Abschlussbericht Band 2.
- IT.NRW (2019a): Verarbeitendes Gewerbe - Jahre ab 2008 mit WZ 2008. Information und Technik Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf (Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0, <https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0>).
- IT.NRW (2019b): Verarbeitendes Gewerbe sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden in Nordrhein-Westfalen 2018. Unternehmens- und Betriebsergebnisse, Investitionen. Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen (Statistische Berichte).
- Statistikportal (2020): Bestand an Kraftfahrzeugen. Statistische Ämter des Bundes und der Länder. Online verfügbar unter <https://www.statistikportal.de/de/transport-und-verkehr/kraftfahrzeugbestand>.
- Wuppertal Institut (2018): Landscaping: Untersuchung der Anforderung an die Untersuchung der Anforderung an die energieintensive Wirtschaft und den Standort NRW im Übergang zu einem weitgehend auf erneuerbaren Energien basierenden Energiesystem der Zukunft. Projektbericht. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Wuppertal.
- Wuppertal Institut (2019): WISEE Datenbank. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.

TFE-NRW Ökonomische Bewertung Technologiefeld 6.1: Energieeffiziente Prozesstechnologien

Nachfrage Technologie	Nachfrage Endprodukt	Exportchancen	NRW-Akteure	Regionale Wertschöpfung	Standort-faktoren
++	0	+	++	+	+

1. Marktpotenzial

a) Nachfrage Technologie

Die Nachfrage nach der Technologie beschreibt das Ausmaß potenzieller Absatzmärkte für die betrachteten technologischen Anlagen in NRW. Dabei wird das bestehende, aber vor allem auch die zukünftig zu erwartende Nachfrage berücksichtigt.

Da in diesem Technologiefeld eine Reihe verschiedener Prozesse in den Wirtschaftszweigen Stahl, Papier und Zement betrachtet werden, können aufgrund der angesiedelten Branchenanteile Rückschlüsse auf die Marktpotenziale gezogen werden. Große Anteile der betrachteten Branchen sind in NRW ansässig, gerade in der Stahlindustrie liegt der Anteil an den deutschen Beschäftigten bei 47 Prozent. Darüber hinaus ist der Anteil der Primärstahlproduktion über die Hochofenroute im Vergleich zum Bundesschnitt deutlich überproportional (Stahl 2017). In den beiden anderen Branchen ergeben sich in etwa proportionale Anteile in Bezug auf die Bevölkerungsanteile, mit 25 Prozent bei Zement und Kalk und Glas sowie 21 Prozent bei Pappe und Papier (Destatis 2019; IT.NRW 2019a, 2019b). Allerdings sind hier auch gerade im Bereich einzelner emissions- und energieintensiver Produktionsschritte große Anteile zu verzeichnen. So liegt in etwa ein Drittel der Zementwerke mit Klinkererzeugung in NRW, vor allem in Westphalen, und insgesamt ist über ein Viertel der deutschen Zementklinkerproduktion in NRW ansässig (VDZ 2018). Auch in der Papierindustrie sind einzelne Produktionsschritte deutlich überproportional in NRW vertreten. 53 Prozent der Holzstofferzeugung finden sich in NRW, aber auch beispielsweise 31 Prozent der deutschen Kartonfertigung (Wuppertal Institut 2019).

b) Nachfrage Endprodukt

Die Nachfrage nach dem Endprodukt beschreibt das Ausmaß potenzieller Absatzmärkte für das mithilfe der betrachteten Technologie erzeugte oder gefertigte Produkt in NRW. Dabei wird die bestehende aber vor allem auch die zukünftig zu erwartende Nachfrage berücksichtigt.

Bei der Nachfrage der Endprodukte in den betrachteten Wirtschaftszweigen ist in NRW von einem deutlich überdurchschnittlichen Bedarf auszugehen entsprechend den Bevölkerungsanteilen. Gerade im Baubereich werden umfangreiche Mengen Zement und Stahl nachgefragt. Allerdings sind in allen Bereichen auch signifikante Exportanteile zu verzeichnen und es ist nicht von einer deutlich überproportionalen regionalen Nachfrage auszugehen. Beispielsweise ist mit der Autoindustrie einer der zentralen Nachfrager für Stahl mit 10 Prozent der deutschen Beschäftigten deutlich unterproportional in NRW vertreten (Destatis 2019; IT.NRW 2019b; Stahl 2017).

c) Exportchancen

Der Begriff „Exportchancen“ bezeichnet die identifizierten Potenziale zur Versorgung von Absatzmärkten auf nationaler und internationaler Ebene im Bereich der betrachteten technologischen Anlagen und der damit erzeugten Endprodukte. Diese Potenziale ergeben sich dabei aus bestehenden als auch identifizierten potenziellen Fertigungs- und Exportkapazitäten und der zu erwartenden Entwicklung der Nachfrage auf besagten Absatzmärkten.

Die drei Branchen Zement, Papier und Stahl weisen deutliche Unterschiede in ihrer Exportintensität auf. In der Metallindustrie ergibt sich eine Exportquote von insgesamt 40 Prozent, dabei liegt die der Stahlindustrie mit 34 Prozent etwas unter dem Branchenschnitt. Die Zementindustrie liegt mit 30 Prozent über dem eigenen Branchenschnitt von 24 Prozent. Die größten Exportanteile gibt es aber in der Papierindustrie. Hier liegt die Exportquote bei 40 Prozent und bei der Papierherstellung sogar bei 54 Prozent (Destatis 2019; IT.NRW 2019a, 2019b).

Neben den gefertigten Endprodukten lassen sich auch bei den jeweils benötigten Technologien Exportpotenziale erkennen. Eine Bewertung aller in diesem Technologiefeld betrachteten Anwendung kann im Rahmen dieses Projekts nicht durchgeführt werden, allerdings sind für einige zentrale Technologien bereits Exportchancen erkennbar. Dies gilt vor allem für Elektrolyseure zur Wasserstofferzeugung zur Nutzung in der Stahlindustrie. Aber auch beispielsweise bei Entwicklung und Fertigung von entsprechenden Öfen für die Zement Industrie, die das Auffangen der entstehenden CO₂-Emissionen ermöglichen, sind ansässige Unternehmen aktiv. So ergeben sich zusätzliche Potenziale im Maschinenbau, der den umsatzstärksten Wirtschaftszweig im verarbeitenden Gewerbe in NRW darstellt und bereits mit über 60 Prozent eine hohe Exportquote aufweist (IT.NRW 2019b).

2. Wertschöpfung

a) NRW-Akteure

Der Begriff „NRW Akteure“ bezeichnet für die Entwicklung, Fertigung und Anwendung der betrachteten Technologie relevante Unternehmen. Es wird untersucht, ob und in welchem Ausmaß relevante Branchen und Unternehmen in NRW ansässig sind. Dies gibt Aufschluss darüber, in welchem Ausmaß NRW von der

technologischen Transformation betroffen ist und welche Potenziale für regionale Wertschöpfung bestehen.

Durch die starke Präsenz der betrachteten Wirtschaftszweige ist von einem überdurchschnittlichen Anwendungspotential der einzelnen Technologien auszugehen. Die Anteile der in Deutschland Beschäftigten in den einzelnen Wirtschaftszweigen liegt bei Papier und Zement & Kalk bei über 20 Prozent und in der Stahlerzeugung sogar bei knapp 50 Prozent. Insgesamt ist in den Branchen Stahlerzeugung, Papier sowie Kalk, Zement und Beton in 2018 ein Jahresumsatz von knapp 30 Mrd. Euro zu verzeichnen, dies entspricht in etwa 8 Prozent des gesamten Umsatzes des Verarbeitenden Gewerbes in NRW (Destatis 2019; IT.NRW 2019a, 2019b).

Darüber hinaus sind in vielen Bereichen der Fertigung und Entwicklung der in diesem Technologiefeld betrachteten Technologien und Anlagen in NRW vertreten. Wo durch sich zusätzliche Wertschöpfungspotentiale bei der Anlagenfertigung ergeben. Dies betrifft vor allem einzelne Bereiche des Maschinenbaus, der mit 19 Prozent der deutschen Beschäftigten in NRW vertreten ist (Destatis 2019; IT.NRW 2019b).

b) Regionale Wertschöpfung

Entwicklung, Fertigung und der Betrieb der betrachteten technischen Anlagen sowie die Nutzung der Endprodukte sind Bestandteil bestehender oder neu gebildeter Wertschöpfungsketten. Es wird untersucht, ob durch die Präsenz von Branchen und Unternehmen auf einzelnen Wertschöpfungsstufen umfangreiche Anteile der Wertschöpfung in NRW generiert werden können. Zusätzlich wird berücksichtigt, ob die Neuansiedlungen oder Abwanderungen einzelner Wertschöpfungsstufen beispielsweise aufgrund von Standortfaktoren zu erwarten sind.

Durch die Anwesenheit signifikanter Anwendungspotenziale in den einzelnen Branchen wie auch Kompetenzen im Bereich der Entwicklung und Fertigung benötigter Anlagen, bietet sich die Möglichkeit einer umfangreichen Erschließung ökonomischer Potenziale entlang der Wertschöpfungsketten. Um diese mit Bezug auf die Vielfalt der hier betrachteten technologischen Ansätze zielgenau quantifizieren zu können und auch die technologischen Alternativen mit den höchsten regionalen Wertschöpfungspotentialen zu identifizieren, bedarf es einer umfangreichen Untersuchung der zugrunde liegenden Wertschöpfungsketten, Kapazitäten und Kompetenzen wie auch der betroffenen Unterbranchen im Bereich der Anlagenfertigung in NRW.

a. Standortfaktoren

Mit diesem Begriff werden qualitativ verschiedene Kriterien des Landes NRW benannt und bewertet, die für die Etablierung der betrachteten Technologien wichtig sind. Darunter fallen beispielsweise der Bestand der technischen Infrastruktur sowie die Potenziale für Kooperation durch die regionale Präsenz relevanter Akteure.

Durch die Vielzahl angesiedelter Industriestandorte der hier untersuchten wie auch weiterer Industriebranchen bieten sich zusätzliche Möglichkeiten zur Kooperation in Industrieclustern als auch zur Nutzung der bereits bestehenden Infrastruktur. Es bestehen bereits langjährige Kooperationen zwischen der Zement- und der Stahlindustrie. Letztere dient beispielsweise zur Versorgung der Zementproduktion mit Hüttensand und der Entwicklung von Prozessanlagen. Zusätzlich bieten sich bei verschiedenen Anwendungen Kooperationen mit der stark vertretenen Chemieindustrie an, mit insgesamt 30 Prozent der bundesweit in diesem Wirtschaftszweig Beschäftigten (Destatis 2019; IT.NRW 2019b). Dies gilt gerade im Bereich der Wasserstoffroute zur Stahlproduktion und auch für die dauerhafte Bindung der abgefangenen CO₂-Emissionen. So können sowohl vorhandene Kompetenzen genutzt als auch Grundstoffversorgungen zwischen den Wirtschaftszeigen etabliert und gestärkt werden. Zusätzlich stehen zur Verbindung der nordrhein-westfälischen Chemiestandorte und freiwerdender Erdgasleitungen bereits Pipelinesysteme zur Verfügung, die als Grundstein für den Ausbau zu einem umfassenden Transportsystem für Wasserstoff aber auch weitere Stoffe genutzt werden können (Görner und Lindenberger 2018; Wuppertal Institut 2018).

Literaturverzeichnis

- Destatis (2019): Produzierendes Gewerbe - Betriebe, Tätige Personen und Umsatz des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden nach Beschäftigtengrößenklassen 2018. Statistisches Bundesamt (Fachserie 4, Reihe 4.1.2).
- Görner, K.; Lindenberger, D. (Hg.) (2018): Virtuelles Institut Strom zu Gas und Wärme - Flexibilisierungsoptionen im Strom-Gas-Wärme-System. Abschlussbericht Band 2.
- IT.NRW (2019a): Verarbeitendes Gewerbe - Jahre ab 2008 mit WZ 2008. Information und Technik Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf (Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0, <https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0>).
- IT.NRW (2019b): Verarbeitendes Gewerbe sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden in Nordrhein-Westfalen 2018. Betriebsergebnisse - Beschäftigte, Entgelte und Umsatz. Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen (Statistische Berichte).
- Stahl (2017): Fakten zur Stahlindustrie in Deutschland 2017. Wirtschaftsvereinigung Stahl.
- VDZ (2018): Umweltdaten der deutschen Zementindustrie 2017. Verein Deutscher Zementwerke. Düsseldorf.
- Wuppertal Institut (2018): Landscaping. Untersuchung der Anforderung an die Untersuchung der Anforderung an die energieintensive Wirtschaft und den Standort NRW im Übergang zu einem weitgehend auf erneuerbaren Energien basierenden Energiesystem der Zukunft. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Wuppertal (Projektbericht).
- Wuppertal Institut (2019): WISEE Datenbank. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.

TFE-NRW Ökonomische Bewertung Technologiefeld 6.3: Stromerzeugungstechnologien zur Abwärmenutzung

Nachfrage Technologie	Nachfrage Endprodukt	Exportchancen	NRW-Akteure	Regionale Wertschöpfung	Standort-faktoren
++	++	0	++	+	++

1. Marktpotenzial

a) Nachfrage Technologie

Die Nachfrage nach der Technologie beschreibt das Ausmaß potenzieller Absatzmärkte für die betrachteten technologischen Anlagen in NRW. Dabei wird das bestehende, aber vor allem auch die zukünftig zu erwartende Nachfrage berücksichtigt.

Durch die hohe Präsenz verschiedener Industriezweige in NRW ergibt sich ein immenses Potenzial an prozessbedingter Abwärme. Auf Landesebene können flächendeckend signifikante Potenziale identifiziert werden, mit Höchstwerten im Rheinland und im Ruhrgebiet. Entsprechend der prozessbedingten Wärmebedarfe ist dabei in den Branchen Metallerzeugung und -verarbeitung, Chemie sowie Glas, Keramik, Steine und Erden das höchste Potenzial vorhanden (LANUV 2019). Gerade in den Branchen Metall und Chemie sind mit 42 Prozent respektive 30 Prozent der deutschen Beschäftigten deutlich überproportionale Anteile in NRW ansässig. Auch in den Wirtschaftszweigen der Mineralindustrie sind teilweise überproportionale Anteile in NRW vorzufinden (Destatis 2019; IT.NRW 2019b). In den Branchen Metall und Chemie werden aufkommende Abwärmeströme zum Teil bereits in Wärmenetze eingespeist, in vielen Fällen werden sie bisher allerdings noch nicht genutzt. So bemisst die „Potenzialstudie industrielle Abwärme“ des Landesministeriums für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz das in NRW bestehende anwendbare Potenzial auf bis zu 48.000 GWh (LANUV 2019). Dagegen werden laut „Wärmekataster“ des „Energieatlas NRW“ bisher nur ca. 4,6 GWh genutzt (LANUV 2020a).

b) Nachfrage Endprodukt

Die Nachfrage nach dem Endprodukt beschreibt das Ausmaß potenzieller Absatzmärkte für das mithilfe der betrachteten Technologie erzeugte oder gefertigte Produkt in NRW. Dabei wird die bestehende aber vor allem auch die zukünftig zu erwartende Nachfrage berücksichtigt.

Der hohe Strombedarf in NRW ist besonders von der industriellen Nachfrage getrieben. Über 50 Prozent des Stroms werden an die Industrie geliefert (LANUV

2020b). Die höchsten industriellen Strombedarfe sind dabei in den stark vertretenen Wirtschaftszweigen der Metallerzeugung und -verarbeitung und der Chemie zu verzeichnen, welche mit 42 Prozent und 30 Prozent der deutschen Beschäftigten in NRW vertreten sind. Weitere Wirtschaftszweige mit einem hohen Strombedarf wie die Lebensmittelindustrie, Papier, Kunststoffe als auch Glas und Maschinenbau sind ebenfalls zu mindestens etwa 20 Prozent in NRW ansässig (Destatis 2019; IT.NRW 2019a, 2019b). Insgesamt entfällt ca. ein Viertel des deutschen Strombedarfs auf NRW (Föederal Erneuerbar 2019).

Getrieben durch die Transformation im Rahmen der sektorübergreifenden Energiewende ist dabei von einem deutlich steigenden Strombedarf auszugehen. Dieser ergibt sich durch die vermehrte direkte als auch indirekte Elektrifizierung von Anlagen und Prozessen in der Industrie wie auch in anderen Sektoren. Durch die unterdurchschnittliche Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien ist eine hohe Nachfrage nach zusätzlichen Erzeugungskapazitäten zu erwarten (Föederal Erneuerbar 2019).

c) Exportchancen

Der Begriff „Exportchancen“ bezeichnet die identifizierten Potenziale zur Versorgung von Absatzmärkten auf nationaler und internationaler Ebene im Bereich der betrachteten technologischen Anlagen und der damit erzeugten Endprodukte. Diese Potenziale ergeben sich dabei aus bestehenden als auch identifizierten potenziellen Fertigungs- und Exportkapazitäten und der zu erwartenden Entwicklung der Nachfrage auf besagten Absatzmärkten.

Eine genaue Bemessung der Exportpotenziale benötigt eine detaillierte Untersuchung der ansässigen Entwicklungs- und Fertigungskapazitäten entsprechender Anlagen. Da allerdings bereits seit einigen Jahren eine Vielzahl in NRW ansässiger Akteure in der Forschung und Entwicklung wie auch in der Fertigung kommerzieller Anlagen tätig ist, ist mittel- bis langfristig durchaus eine Erschließung nennenswerter Exportpotenziale bei der Anlagenfertigung möglich (DLR 2015). Allerdings sind die zurzeit führenden Hersteller in diesem Bereich nicht in NRW ansässig (Wuppertal Institut et al. 2018). Daher und auch bedingt durch die eigenen hohen Anwendungspotenziale sind zumindest vorerst nur begrenzte Exportchancen abzusehen. Eine genauere Bemessung der Marktchancen der ansässigen Akteure in diesem Bereich bedarf einer genaueren Untersuchung der Marktstruktur als auch der jeweiligen Akteure und Geschäftsmodelle.

Bezüglich des erzeugten Stroms ist langfristig nicht von nennenswerten Exportmengen auszugehen, so ist NRW aufgrund der stark vertretenen Kohleverstromung zurzeit Nettoexporteur, allerdings ist mit dem Ausscheiden der Kohleenergie und einer verstärkten Erzeugung mithilfe erneuerbarer Energieträger von einem weiteren Rückgang der Exporte auszugehen. In den vergangenen Jahren sind die Exportmengen auf Landesebene bereits deutlich gesunken und beispielsweise von Niedersachsen mit einem deutlich überproportionalen Anteil an Windenergie überholt worden. Die eigenen Erzeugungskapazitäten gerade durch Solar- und Windenergie in NRW sind im Verhältnis zum eigenen Bedarf dagegen eher unter-

durchschnittlich. So lag der Anteil der Erneuerbaren an der Stromerzeugung in NRW in 2017 mit 11 Prozent deutlich unter dem Wert auf Bundesebene von 33 Prozent (Föederal Erneuerbar 2019).

2. Wertschöpfung

a) NRW Akteure

Der Begriff „NRW Akteure“ bezeichnet für die Entwicklung, Fertigung und Anwendung der betrachteten Technologie relevante Unternehmen. Es wird untersucht, ob und in welchem Ausmaß relevante Branchen und Unternehmen in NRW ansässig sind. Dies gibt Aufschluss darüber, in welchem Ausmaß NRW von der technologischen Transformation betroffen ist und welche Potenziale für regionale Wertschöpfung bestehen.

Durch die Anwendung in den Bereichen Chemie, Metalle als auch der Mineralindustrie ergibt sich eine hohes Wertschöpfungspotenzial in der Anwendung der Technologie. Gerade die Wirtschaftszweige Chemie und Metalle tragen mit einem Jahresumsatz in 2018 von jeweils knapp 45 Mrd. Euro nach dem Maschinenbau den größten Anteil zum Gesamtumsatz des produzierenden Gewerbes in NRW. Insgesamt machen diese drei Branchen mit 96 Mrd. Euro 27 Prozent des Gesamtumsatzes aus (IT.NRW 2019b).

Daneben finden sich aber auch in der Forschung und Entwicklung als auch in der Fertigung entsprechender Anlagen im Bereich thermoelektrischer Generatoren zahlreiche teils namenhafte Akteure und Projekten in NRW wieder, beispielsweise im Bereich der Kühl- und Heiztechnik, deren potenzielles ökonomisches Potenzial in diesem Bereich allerdings noch nicht quantifiziert werden kann. Neben Forschungsprojekten zur Entwicklung und Weiterentwicklung einzelner Anlagen bestehen auch schon mehrere Aktivitäten zur Herstellung kommerzieller Anlagen (DLR 2015).

b) Regionale Wertschöpfung

Entwicklung, Fertigung und der Betrieb der betrachteten technischen Anlagen sowie die Nutzung der Endprodukte sind Bestandteil bestehender oder neu gebildeter Wertschöpfungsketten. Es wird untersucht, ob durch die Präsenz von Branchen und Unternehmen auf einzelnen Wertschöpfungsstufen umfangreiche Anteile der Wertschöpfung in NRW generiert werden können. Zusätzlich wird berücksichtigt, ob die Neuansiedlungen oder Abwanderungen einzelner Wertschöpfungsstufen beispielsweise aufgrund von Standortfaktoren zu erwarten sind.

Durch die zusätzliche Stromerzeugung zur Deckung des bereits hohen und absehbar steigenden Strombedarf - vor allem in der Industrie - und die mengen- und flächenmäßig umfangreichen Abwärmepotenziale ist von signifikanten Wertschöpfungseffekten im Rahmen der Anwendung auszugehen (LANUV 2020b, 2019). Zusätzlich sind Forschungsvorhaben als auch bereits Hersteller thermoelektrischer

Generatoren in NRW ansässig (DLR 2015). Daher können in Anbetracht der ebenso angesiedelten Wirtschaftszweige zur Erzeugung und Bearbeitung der Grundstoffe zur Anlagenfertigung auf allen Wertschöpfungsstufen ökonomische Potenziale gehoben werden (Destatis 2019; IT.NRW 2019b).

Die zurzeit führenden Hersteller in den einzelnen Technologiebereichen der Thermoelektrischen Anwendungen sind allerdings in vielen Fällen außerhalb Deutschlands ansässig. Darüber hinaus sind weitere relevante im Inland agierende Akteure außerhalb der Landesgrenzen verortet. Im Bereich der ORC-Prozesse sind namhafte Hersteller im Süden Deutschlands tätig. Darüber hinaus wird in der Automobilindustrie verstärkt an der Anwendung von Thermoelektrik geforscht, diese ist allerdings mit 10 Prozent der Beschäftigten nur unterproportional in NRW vertreten (Destatis 2019; IT.NRW 2019b). Anwendungen des Kalina-Prozesses befinden sich noch im Demonstrationsstadium und es hat sich bisher kein Markt für derartige Anlagen entwickelt. Bisher wird die weltweit einzige Kalina-Anlage zur Nutzung industrieller Abwärme in Japan betrieben (Wuppertal Institut et al. 2018). Daher sind ökonomische Potenziale bei der Fertigung thermoelektrischer Anlagen in NRW durchaus möglich, in der kurzen Frist allerdings schwer abzusehen und durch Konkurrenten außerhalb der Landesgrenzen möglicherweise begrenzt. Daher bedarf es einer genaueren Untersuchung der Marktchancen nordrheinwestfälischer Akteure, um zukünftigen Wertschöpfungs- und Exportpotenziale in der Anlagenfertigung bemessen zu können.

c) Standortfaktoren

Mit diesem Begriff werden qualitativ verschiedene Kriterien des Landes NRW benannt und bewertet, die für die Etablierung der betrachteten Technologien wichtig sind. Darunter fallen beispielsweise der Bestand der technischen Infrastruktur sowie die Potenziale für Kooperation durch die regionale Präsenz relevanter Akteure.

Neben den immensen Potenzialen durch aufkommende Abwärme industrieller Prozesse bietet NRW zusätzliche Vorteile im Bereich der Infrastruktur. Knapp 25 Prozent der deutschen Wärmetrassen liegen in NRW, gerade die Industrieschwerpunkte im Rheinland und im Ruhrgebiet verfügen über umfangreiche Anschlüsse an Wärmenetze. Im Bereich des Stromtransport sind im Verhältnis zur Landesgröße ebenfalls überdurchschnittliche Kapazitäten verfügbar. Gerade in städtischen Regionen besteht ein stark ausgebautes Verteilnetz (Wuppertal Institut 2018).

Zusätzlich bieten sich Potenziale zur Clusterbildung durch die Vielzahl und Dichte der einzelnen Industriestandorte. Die „Potenzialstudie Industrielle Abwärme“, herausgegeben vom Landesministerium für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, fand umfangreiche Synergieeffekte, die sich durch eine gezielte Bereitstellung notwendiger Informationen und vermehrter Kooperationen erschlossen werden können (LANUV 2019). Darüber hinaus besteht im Rahmen des „Energieatlas“ durch das „Wärmekataster“ bereits eine Plattform, um genutzte und verwendbare Potenziale auf Landesebene zu erfassen (LANUV 2020a).

Literaturverzeichnis

- Destatis (2019): Produzierendes Gewerbe - Betriebe, Tätige Personen und Umsatz des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden nach Beschäftigtengrößenklassen 2018. Statistisches Bundesamt (Fachserie 4, Reihe 4.1.2).
- DLR (2015): Anwendungspotential thermoelektrischer Generatoren in stationären Systemen. Chancen für NRW. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.
- Föderal Erneuerbar (2019): Datenblatt: Strom. Online verfügbar unter <https://www.foederal-erneuerbar.de/uebersicht/kategorie/strom/bundeslaender/BW|BY|B|BB|HB|HH|HE|MV|NI|NRW|RLP|SL|SN|ST|SH|TH|D>, zuletzt geprüft am 10.06.2020.
- IT.NRW (2019a): Verarbeitendes Gewerbe - Jahre ab 2008 mit WZ 2008. Information und Technik Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf (Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0, <https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0>).
- IT.NRW (2019b): Verarbeitendes Gewerbe sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden in Nordrhein-Westfalen 2018. Betriebsergebnisse - Beschäftigte, Entgelte und Umsatz. Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen (Statistische Berichte).
- LANUV (2019): Potenzialstudie Industrielle Abwärme. Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV-Fachbericht, 96).
- LANUV (2020a): Energieatlas NRW. Wärmekataster. Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein Westfalen. Online verfügbar unter https://www.energieatlas.nrw.de/site/planungskarte_waerme, zuletzt geprüft am 10.06.2020.
- LANUV (2020b): Stromerzeugung und Verbrauch. Nettostromverbrauch. Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen. Online verfügbar unter <https://www.energieatlas.nrw.de/site/werkzeuge/energiestatistik>, zuletzt geprüft am 22.06.2020.
- Wuppertal Institut (2018): Landscaping: Untersuchung der Anforderung an die Untersuchung der Anforderung an die energieintensive Wirtschaft und den Standort NRW im Übergang zu einem weitgehend auf erneuerbaren Energien basierenden Energiesystem der Zukunft. Projektbericht. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Wuppertal.
- Wuppertal Institut; ISI; IZES (2018): Technologien für die Energiewende. Teilbericht 2 an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung; Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme (Wuppertal Reports, 13.2).

TFE-NRW Ökonomische Bewertung Technologiefeld 6.4: Low-carbon- und ressourceneffiziente Technologie

Nachfrage Technologie	Nachfrage Endprodukt	Exportchancen	NRW-Akteure	Regionale Wertschöpfung	Standort-faktoren
++	0	0	++	0	+

1. Marktpotenzial

a) Nachfrage Technologie

Die Nachfrage nach der Technologie beschreibt das Ausmaß potenzieller Absatzmärkte für die betrachteten technologischen Anlagen in NRW. Dabei wird das bestehende, aber vor allem auch die zukünftig zu erwartende Nachfrage berücksichtigt.

Im Bereich der Kunststofffertigung sowie in der vorgelagerten Fertigung chemischer Grundstoffe sind in NRW signifikante Branchenanteile angesiedelt. So beherbergt NRW rund 30 Prozent der Beschäftigten der deutschen Chemiebranche. Von diesen Beschäftigten arbeiten 55 Prozent im Bereich der chemischen Grundstoffe. Die Herstellung von Polyethylen findet zu über 80 Prozent in NRW statt. Die Fertigung von Kunststoffen ist mit 22 Prozent der Beschäftigten in NRW verortet. Am Beispiel der Steam Cracker lässt sich die Relevanz dieser Technologie für NRW deutlich zeigen, da 64 Prozent der deutschen Kapazitäten in NRW zu finden sind (Destatis 2019; IT.NRW 2019b; Wuppertal Institut).

Die Anwendung von Power-to-Heat-Technologien bietet sich in vielen Industriebereichen an. Laut Ergebnissen des Virtuellen Instituts Strom zu Gas und Wärme NRW, bietet sich diese vor allem für die Papier-, Glas-, Zement-, Stahl-, und die Nahrungsmittelindustrie an sowie in den Wirtschaftszweigen Grundstoffchemie, Nichteisen-Metalle und Raffinerien. In mehreren dieser Branchen sind überproportionale Anteile in NRW verortet. Bei der Quantifizierung einer möglichen Elektrifizierung der Industriewärme konnten vor allem in den Branchen Stahl, Zement, Papier und Grundstoffchemie umfangreiche Potenziale bemessen werden (Görner und Lindenberger 2018). Die Wirtschaftszweige Zement und Papier sind mit 25 Prozent beziehungsweise 21 Prozent bereits stark in NRW vertreten. Vor allem aber weisen die beiden Wirtschaftszweige Grundstoffchemie und Stahl mit 29 Prozent respektive 47 Prozent der in Deutschland Beschäftigten signifikant hohe Anteile in NRW auf (Destatis 2019; IT.NRW 2019a, 2019b).

b) Nachfrage Endprodukt

Die Nachfrage nach dem Endprodukt beschreibt das Ausmaß potenzieller Absatzmärkte für das mithilfe der betrachteten Technologie erzeugte oder gefertigte Produkt in NRW. Dabei wird die bestehende aber vor allem auch die zukünftig zu erwartende Nachfrage berücksichtigt.

Durch eine starke Präsenz der Chemiebranche in NRW mit 30 Prozent der in Deutschland Beschäftigten und gleichzeitig der Raffinerien, deren NRW-Anteil an der Rohölverarbeitung 36 Prozent beträgt, gibt es grundsätzlich eine überproportionale Nachfrage nach Produkten der Petrochemie. Im Bereich der Kunststoffe liegt der NRW-Anteil der Beschäftigten bei 22 Prozent und ist damit in etwa proportional zur Bevölkerung. Demnach ist die Nachfrage nach vorgelagerten Grundstoffen zur Kunststoffherstellung als proportional einzuschätzen (Destatis 2019; IT.NRW 2019b; Wuppertal Institut).

Im Bereich von Power-to-Heat ergibt sich auf Grund der Bandbreite möglicher Anwendungen ein gemischtes Bild. Allerdings ist bei vielen Wirtschaftszweigen eine regionale Nachfrage mit Blick auf die gefertigten Endprodukte ebenfalls in proportionaler Größe zur Bevölkerung anzunehmen, dies gilt beispielsweise für die Bauindustrie wie auch für die Bereiche Lebensmittel oder Raffinerien. Auch die Automobilindustrie als stark nachfragende Branche im Bereich der Stahlproduktion ist unterproportional in NRW vertreten (Destatis 2019; IT.NRW 2019b; Stahl 2017).

c) Exportchancen

Der Begriff „Exportchancen“ bezeichnet die identifizierten Potenziale zur Versorgung von Absatzmärkten auf nationaler und internationaler Ebene im Bereich der betrachteten technologischen Anlagen und der damit erzeugten Endprodukte. Diese Potenziale ergeben sich dabei aus bestehenden als auch identifizierten potenziellen Fertigungs- und Exportkapazitäten und der zu erwartenden Entwicklung der Nachfrage auf besagten Absatzmärkten.

Im Bereich der Endprodukte werden in den einzelnen Branchen unterschiedliche Exportanteile verzeichnet. Gerade in der Grundstoffchemie liegt die Exportquote bei über 60 Prozent, wodurch von hohen Exportchancen für einen in NRW stark vertretenen Wirtschaftszweig auszugehen ist. Die Kunststoffsparte weist eine Exportquote von knapp 40 Prozent auf. In den Branchen, in denen sich Power-to-Heat-Anwendungen anbieten, variiert die Exportquote. Hier könnten vor allem in den Bereichen Papier und Metalle mit jeweiligen Exportquoten von um die 40 Prozent durch PtH klimafreundlichere Produktionsprozesse bereitgestellt werden (Destatis 2019; IT.NRW 2019a, 2019b).

Zur Anlagentechnik können zum jetzigen Stand keine Potenziale benannt werden. Hier bedarf es einer genaueren Untersuchung des nordrhein-westfälischen Anlagen- und Maschinenbaus, um spezifische Exportchancen benennen zu können. Im Bereich der Steam Cracker werden nach Aussage der Experten hauptsächlich im Ausland Umsätze erzielt und die in Deutschland bestehende Fertigung befindet

sich außerhalb der Landesgrenzen. Mit Bezug auf die PtH-Anlagen kann keine allgemeine Bewertung getroffen werden, da es sich um branchen- und prozessspezifische Anwendungen handelt, deren Anwendungs- und Wertschöpfungspotenzial separat für die jeweiligen Technologien untersucht werden muss (Wuppertal Institut et al. 2018).

2. Wertschöpfung

a) NRW-Akteure

Der Begriff „NRW Akteure“ bezeichnet für die Entwicklung, Fertigung und Anwendung der betrachteten Technologie relevante Unternehmen. Es wird untersucht, ob und in welchem Ausmaß relevante Branchen und Unternehmen in NRW ansässig sind. Dies gibt Aufschluss darüber, in welchem Ausmaß NRW von der technologischen Transformation betroffen ist und welche Potenziale für regionale Wertschöpfung bestehen.

Gerade durch die in NRW stark vertretene Chemieindustrie sind die relevanten Akteure im Bereich der Low-Carbon-Kunststoffe im Land vertreten. Dort wurde 2018 mit rund 44 Mrd. Euro der zweithöchste Jahresumsatz in der nordrhein-westfälischen Industrie erzielt. Die Kunststoffproduktion ist auch zu etwas mehr als einem Fünftel in NRW ansässig (Destatis 2019; IT.NRW 2019b). Vor allem aber ergeben sich Kapazitäten durch eine starke Präsenz relevanter Akteure der Grundstoffherzeugung mit Anteilen von 64 Prozent der deutschen Steam Cracker und von 81 Prozent der Polyethylenproduktion (Wuppertal Institut).

Bei der möglichen Anwendung der PtH-Technologien gibt es ebenfalls hohe NRW-Anteile der betroffenen Branchen. Die höchsten Potenziale zeigen sich dabei in der Grundstoffchemie mit einem NRW-Anteil an den bundesweit Beschäftigten von 29 Prozent, der Stahlindustrie mit 47 Prozent, der Zementindustrie mit 25 Prozent und der Papierindustrie mit 21 Prozent. Diese Branchen machen gemeinsam einen Jahresumsatz von ca. 55 Mrd. Euro aus, dies entspricht einem Anteil von 16 Prozent des Gesamtumsatzes des Verarbeitenden Gewerbes in NRW (Destatis 2019; IT.NRW 2019a, 2019b).

b) Regionale Wertschöpfung

Entwicklung, Fertigung und der Betrieb der betrachteten technischen Anlagen sowie die Nutzung der Endprodukte sind Bestandteil bestehender oder neu gebildeter Wertschöpfungsketten. Es wird untersucht, ob durch die Präsenz von Branchen und Unternehmen auf einzelnen Wertschöpfungsstufen umfangreiche Anteile der Wertschöpfung in NRW generiert werden können. Zusätzlich wird berücksichtigt, ob die Neuansiedlungen oder Abwanderungen einzelner Wertschöpfungsstufen beispielsweise aufgrund von Standortfaktoren zu erwarten sind.

Durch die stark vertretenen Chemieindustrie in NRW und den großen Anteilen weiterer Industriezweige wie den Bereichen Stahl, Nichteisen-Metalle, Kunststoffe, Papier und Zement lassen sich durch die Anwendung der Technologien wie auch infolge der Zulieferung von Grundstoffen zur Fertigung der einzelnen Anlagenteile signifikante Wertschöpfungseffekte erwarten. Allerdings ist der Anteil an der Fertigung und Entwicklung der Anlagen bisher schwer abzusehen.

Im Bereich der Steam Cracker sind die Fertigungsstätten größtenteils außerhalb Deutschlands zu finden. Innerdeutsche Standorte sind nicht in NRW, sondern im Süden Deutschlands verortet. Daher ist hier zumindest in der kurzen Frist nicht von einer regionalen Erschließung ökonomischer Potenziale auszugehen. Im Bereich der PtH-Technologie gibt es eine Vielzahl prozessspezifischer Anwendungen. Hier bedarf es einer genaueren Untersuchung der einzelnen Anlagen und Prozesse, um die Potenziale der regionalen Wertschöpfung im Anlagenbau bemessen zu können. Allerdings ist durch die starke Präsenz betroffener Branchen und einem NRW-Anteil von 19 Prozent der Beschäftigten im deutschen Maschinenbau von zusätzlichen Potenzialen durch die Entwicklung und Fertigung entsprechender Anlagen auszugehen (Destatis 2019; IT.NRW 2019b). Ob diese in überproportionalem Ausmaß zu erwarten sind, kann an dieser Stelle nicht abschließend beurteilt werden und bedarf einer genaueren Untersuchung der einzelnen Prozesse (Wuppertal Institut et al. 2018).

c) Standortfaktoren

Mit diesem Begriff werden qualitativ verschiedene Kriterien des Landes NRW benannt und bewertet, die für die Etablierung der betrachteten Technologien wichtig sind. Darunter fallen beispielsweise der Bestand der technischen Infrastruktur sowie die Potenziale für Kooperation durch die regionale Präsenz relevanter Akteure.

Die gewachsenen Industriestrukturen ermöglichen eine effektive Anwendung der Technologien im Bereich der Low-Carbon-Kunststoffe durch gezielte Kooperationen zum Informationsaustausch und der Bildung von Innovationsclustern. Letzteres gilt ebenso für die Anwendung der PtH-Technologien. Durch die bestehende industrielle Infrastruktur und die Verflechtung der einzelnen Wirtschaftszweige besteht die Möglichkeit durch Kooperationen technische Anwendungen gezielt weiterzuentwickeln und effizient nutzbar zu machen.

Zur Deckung des steigenden Strombedarfs bei der umfangreichen Anwendung von PtH-Technologien bietet NRW gerade an Industriestandorten ein gut ausgebautes Stromnetz, da bereits über 50 Prozent des benötigten Stroms im Industriesektor verbraucht werden (LANUV 2020; Wuppertal Institut 2018). Allerdings fehlen in NRW die Erzeugungskapazitäten und eventuell auch die nötigen Potenziale für eine Bereitstellung regional mithilfe Erneuerbarer Energien erzeugten Stroms. Im Jahr 2017 lag NRW mit einem Anteil von 5,6 Prozent der Windenergie und 2,3 Prozent der Photovoltaik an der Bruttostromerzeugung deutlich unter den Anteilen auf Bundesebene von 13,5 Prozent respektive 5,9 Prozent (2016). Insgesamt lag der Anteil der Erneuerbaren an der Stromerzeugung in NRW in 2017 mit 11 Pro-

zent deutlich unter dem Wert auf Bundesebene von 33 Prozent (Föderal Erneuerbar 2019).

Literaturverzeichnis

- Destatis (2019): Produzierendes Gewerbe - Betriebe, Tätige Personen und Umsatz des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden nach Beschäftigtengrößenklassen 2018. Statistisches Bundesamt (Fachserie 4, Reihe 4.1.2).
- Föderal Erneuerbar (2019): Datenblatt: Strom. Online verfügbar unter <https://www.foederal-erneuerbar.de/uebersicht/kategorie/strom/bundeslaender/BW|BY|B|BB|HB|HH|HE|MV|NI|NRW|RLP|SL|SN|ST|SH|TH|D>, zuletzt geprüft am 10.06.2020.
- Görner, K.; Lindenberger, D. (Hg.) (2018): Virtuelles Institut Strom zu Gas und Wärme - Flexibilisierungsoptionen im Strom-Gas-Wärme-System. Abschlussbericht Band 2.
- IT.NRW (2019a): Verarbeitendes Gewerbe - Jahre ab 2008 mit WZ 2008. Information und Technik Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf (Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0, <https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0>).
- IT.NRW (2019b): Verarbeitendes Gewerbe sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden in Nordrhein-Westfalen 2018. Betriebsergebnisse - Beschäftigte, Entgelte und Umsatz. Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen (Statistische Berichte).
- LANUV (2020): Stromerzeugung und Verbrauch. Nettostromverbrauch. Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen. Online verfügbar unter <https://www.energieatlas.nrw.de/site/werkzeuge/energiestatistik>, zuletzt geprüft am 22.06.2020.
- Stahl (2017): Fakten zur Stahlindustrie in Deutschland 2017. Wirtschaftsvereinigung Stahl.
- Wuppertal Institut: WISEE Datenbank. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.
- Wuppertal Institut (2018): Landscaping: Untersuchung der Anforderung an die Untersuchung der Anforderung an die energieintensive Wirtschaft und den Standort NRW im Übergang zu einem weitgehend auf erneuerbaren Energien basierenden Energiesystem der Zukunft. Projektbericht. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Wuppertal.
- Wuppertal Institut; ISI; IZES (2018): Technologien für die Energiewende. Teilbericht 2 an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung; Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme (Wuppertal Reports, 13.2).